



UNIVERSIDADE FEDERAL DE SERGIPE
PRÓ-REITORIA DE PÓS-GRADUAÇÃO E PESQUISA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM DESENVOLVIMENTO E MEIO
AMBIENTE
NÍVEL MESTRADO

CARLA TAMILYS VASCONCELOS ARAUJO

DETERMINAÇÃO DO ÍNDICE DE SUSTENTABILIDADE DO PERÍMETRO
IRRIGADO CALIFÓRNIA EM SERGIPE

SÃO CRISTOVÃO – SE
2025

CARLA TAMILYS VASCONCELOS ARAUJO

**DETERMINAÇÃO DO ÍNDICE DE SUSTENTABILIDADE DO PERÍMETRO
IRRIGADO CALIFÓRNIA EM SERGIPE**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Desenvolvimento e Meio Ambiente, como requisito final para obtenção do título de Mestre em Desenvolvimento e Meio Ambiente pela Universidade Federal de Sergipe.

Orientador: Prof. Dr. Raimundo Rodrigues
Gomes Filho

Coorientadora: Dra. Alane Regina Rodrigues
dos Santos

SÃO CRISTOVÃO – SE

2025

**FICHA CATALOGRÁFICA ELABORADA PELA BIBLIOTECA CENTRAL
UNIVERSIDADE FEDERAL DE SERGIPE**

A663d Araujo, Carla Tamilys Vasconcelos
 Determinação do índice de sustentabilidade do Perímetro
Irrigado Califórnia em Sergipe / Carla Tamilys Vasconcelos Araujo
; orientador, Raimundo Rodrigues Gomes Filho ; coorientadora,
Alane Regina Rodrigues dos Santos.– São Cristóvão, SE, 2025.
102 f. : il.

 Dissertação (mestrado em Desenvolvimento e Meio Ambiente)
– Universidade Federal de Sergipe, 2025.

1. Desenvolvimento sustentável. 2. Irrigação agrícola. 3. Irrigação
– Política governamental – Sergipe. 4. Indicadores ambientais. I.
Gomes Filho, Raimundo Rodrigues, orient. II. Santos, Alane Regina
Rodrigues dos. III. Título.

CDU 502.131.1

CARLA TAMILYS VASCONCELOS ARAUJO

**DETERMINAÇÃO DO ÍNDICE DE SUSTENTABILIDADE DO PERÍMETRO
IRRIGADO CALIFÓRNIA EM SERGIPE**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Desenvolvimento e Meio Ambiente, como requisito final para obtenção do título de Mestra em Desenvolvimento e Meio Ambiente pela Universidade Federal de Sergipe.

APROVADA: 14 de Fevereiro de 2025.

Dr. Raimundo Rodrigues Gomes Filho

Programa de Pós-Graduação em Desenvolvimento e Meio Ambiente – PRODEMA/UFS
Presidente - Orientador

Dra. Alane Regina Rodrigues dos Santos

Secretaria de Estado da Educação e da Cultura de Sergipe. (SEDUC - SE)
Coorientadora

Gregório Guirado Faccioli

Programa de Pós-Graduação em Desenvolvimento e Meio Ambiente – PRODEMA/UFS
Examinador interno

Dr. Jailton de Jesus Costa

Programa de Pós-Graduação em Desenvolvimento e Meio Ambiente – PRODEMA/UFS
Examinador interno

Dr. Marcos Eric Barbosa Brito

Programa de Pós-Graduação em Recursos Hídricos – PRORH/UFS
Examinador externo

SÃO CRISTOVÃO – SE

2025

DECLARAÇÃO DE CESSÃO DE DIREITOS

É concedido ao Programa de Pós-Graduação em Desenvolvimento e Meio Ambiente (PRODEMA) da Universidade Federal de Sergipe (UFS), responsável pelo Curso de Mestrado em Desenvolvimento e Meio Ambiente, permissão para disponibilizar, reproduzir cópia desta Dissertação e emprestar ou vender tais cópias.

Carla Tamilys Vasconcelos Araujo
Universidade Federal de Sergipe (PRODEMA/UFS)

Prof. Dr. Raimundo Rodrigues Gomes Filho
Universidade Federal de Sergipe (PRODEMA/UFS)

Dra. Alane Regina Rodrigues dos Santos
Secretaria de Estado da Educação e da Cultura de Sergipe (SEDUC - SE)

DECLARAÇÃO DE VERSÃO FINAL

Este exemplar corresponde à versão final da Dissertação de Mestrado em Desenvolvimento e Meio Ambiente, concluído no Programa de Pós-Graduação em Desenvolvimento e Meio Ambiente (PRODEMA) da Universidade Federal de Sergipe (UFS).

Carla Tamilys Vasconcelos Araujo
Universidade Federal de Sergipe (PRODEMA/UFS)

Prof. Dr. Raimundo Rodrigues Gomes Filho (PRODEMA/UFS)
Orientador

Dra. Alane Regina Rodrigues dos Santos (SEDUC - SE)
Coorientadora

AGRADECIMENTOS

Primeiramente, sou grata a Deus por possibilitar a realização, e conclusão, desta etapa tão importante em minha vida, sem Ele as coisas não seriam possíveis. Obrigada, meu Deus, por me conceder saúde física e mental para o enfrentamento desses dois anos que foram tão enriquecedores para minha carreira e desenvolvimento pessoal.

Aos meus pais, por sempre me apoiarem e darem suporte em todas as decisões que tomei para minha jornada de crescimento pessoal, bem como todo o incentivo, subsídios, carinho e amor que recebi deles durante toda minha vida. Ao meu irmão, pela parceria e cuidado que sempre teve comigo, sua companhia sempre será o maior presente de Deus em minha vida, te amo.

Agradeço ao meu orientador, professor Dr. Raimundo Rodrigues Gomes Filho, pelo auxílio no desenvolvimento desta dissertação, bem como pelo seu profissionalismo e apoio nos momentos que necessitei. Muito obrigada por aceitar me orientar, além de me dar liberdade e permissão para que eu pudesse desenvolver a pesquisa da maneira como idealizei, isso foi fundamental.

Toda minha gratidão à minha coorientadora, e amiga, professora Dra. Alane Regina Rodrigues dos Santos, por sua dedicação, parceria, profissionalismo e suporte imenso durante todo o processo de desenvolvimento dessa dissertação, não posso imaginar o desenrolar dessa pesquisa sem a sua presença. Obrigada por toda confiança depositada, por todas as conversas e contribuições, o nosso encontro durante essa jornada foi muito enriquecedor para mim.

Aos professores Dr. Jailton de Jesus Costa e Dr. Marcos Eric Barbosa Brito por aceitarem o convite de fazer parte da banca avaliadora desde o momento da qualificação, sou grata por todas as contribuições geradas, foram fundamentais para o desenvolvimento dessa dissertação. Ao professor Dr. Gregório Guirado Faccioli, por aceitar o convite para integrar e participar da banca de defesa, bem como por todas as contribuições e suporte que recebi do senhor durante as aulas, tudo foi de extrema importância para auxiliar no desenvolvimento da pesquisa.

Agradeço imensamente aos produtores rurais participantes da pesquisa, sem a colaboração deles nada teria sido possível. Um agradecimento especial ao senhor Manoel Otávio Tolentino, pela recepção maravilhosa em sua residência e por se mostrar extremamente solícito em ajudar no desenvolvimento da pesquisa.

Às minhas amigas e colegas de profissão, as engenheiras agrônomas Isabela Lima de Santana e Letícia Ribeiro Pimenta por estarem sempre ao meu lado durante todo o processo da

graduação e do mestrado, sou muito grata por todos os momentos compartilhados e por todo suporte e parceria envolvidos na nossa amizade. Agradeço a Deus pela vida de vocês.

Aos amigos que tive o prazer de conhecer no Programa de Pós-graduação em Desenvolvimento e Meio Ambiente, vivemos momentos memoráveis que levarei comigo por toda vida. Faço um agradecimento especial aos amigos Laupa Pimentel, Ketylen Vieira e Lucas Berenger, obrigada por compartilharem inúmeros momentos de estudos e apoio durante o desenvolvimento dessa pesquisa, bem como momentos maravilhosos de descontração.

Aos colaboradores da secretaria do PRODEMA, Cícero, Lavínia e Luzia, por todo apoio prestado durante esses dois anos de curso, pessoas competentes e que exerceram um atendimento excelente sempre que solicitado, além dos momentos de descontração proporcionados.

A todos os professores do PRODEMA que de alguma maneira contribuíram para o desenvolvimento da pesquisa, bem como aos ensinamentos passados em sala de aula, sou grata por todos os momentos compartilhados.

Agradecimento especial à Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES), pela oportunidade financeira concedida.

“Deus é poderoso para fazer infinitamente mais do que tudo quanto pedimos ou pensamos, mediante seu poder que atua em nós”

Efésios 3:20

RESUMO

Os projetos públicos de irrigação surgiram como alternativa para os problemas de seca que afetam o Semiárido Brasileiro, sendo a agricultura irrigada uma técnica de fundamental importância para possibilitar a produção de alimentos nessa região e fomentar o desenvolvimento. Para que esses projetos obtenham sucesso, é necessário que haja uma integração efetiva entre diversos fatores chave para a manutenção da sustentabilidade dos projetos de irrigação. O Perímetro Irrigado Califórnia é um projeto público de irrigação, localizado no Alto Sertão Sergipano, planejado para ser modelo de exploração racional de solo e água no Semiárido Nordeste, inaugurado em 1987 para promover o desenvolvimento socioeconômico da região. O local enfrenta problemáticas no tocante ao saneamento básico, furtos de água, falta de manutenção nas estruturas físicas dos canais de distribuição, desmatamento, além das irregularidades na distribuição de água. Dentro dessa perspectiva, essa pesquisa teve como objetivo determinar o índice de sustentabilidade do perímetro irrigado Califórnia/SE. A pesquisa, de abordagem quantitativa e qualitativa, se deu por meio da análise de questionário semiestruturado aplicado aos agricultores familiares, da observação sistemática e análise documental. Foram selecionados e mensurados indicadores das dimensões ambiental, econômica, e social que permitiram, por fim, gerar um índice de sustentabilidade. O índice de sustentabilidade final calculado foi de 16,93, quanto à sua classificação, o Perímetro Califórnia encontra-se com o nível de sustentabilidade “péssimo”. Os resultados apontaram que a principal dificuldade do perímetro, atualmente, está presente na relação entre os indicadores de Serviços Públicos e Renda Familiar. O uso da metodologia para calcular o índice de sustentabilidade do Califórnia demonstrou as limitações a serem enfrentadas na localidade, bem como permitiu definir ações para superar as barreiras, a fim de promover o desenvolvimento sustentável.

Palavras-Chave: Agricultura Irrigada. Desenvolvimento Sustentável. Distrito de irrigação. Indicadores de Sustentabilidade.

ABSTRACT

Public irrigation projects emerged as an alternative to the drought problems affecting the Brazilian Semiarid Region, with irrigated agriculture being a fundamentally important technique for enabling food production in this region and fostering development. For these projects to be successful, there must be effective integration between several key factors to maintain the sustainability of irrigation projects. The California Irrigated Perimeter is a public irrigation project located in the Alto Sertão Sergipano region, designed to be a model for rational soil and water exploitation in the Northeastern Semiarid Region, inaugurated in 1987 to promote the socioeconomic development of the region. The area faces problems related to basic sanitation, water theft, lack of maintenance of the physical structures of the distribution channels, deforestation, and irregularities in water distribution. From this perspective, this research aimed to determine the sustainability index of the California/SE irrigated perimeter. The research, which used a quantitative and qualitative approach, was conducted through the analysis of a semi-structured questionnaire applied to family farmers, systematic observation, and document analysis. Indicators of the environmental, economic, and social dimensions were selected and measured, which ultimately allowed the generation of a sustainability index. The final sustainability index calculated was 16.93, and in terms of its classification, the California Perimeter has a “very poor” sustainability level. The results indicated that the main difficulty of the perimeter, currently, is present in the relationship between the Public Services and Family Income indicators. The use of the methodology to calculate the California sustainability index demonstrated the limitations to be faced in the location, as well as allowed the definition of actions to overcome the barriers, in order to promote sustainable development.

Keywords: Irrigated Agriculture. Irrigation District. Sustainable Development. Sustainability Indicators.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Mapa da localização município de Canindé de São Francisco.	33
Figura 2 - Ilustração das instalações e posições dos canais e estações de bombeamento do perímetro Califórnia.	34
Figura 3 - Gráfico tipo radar, utilizado para gerar o índice de sustentabilidade (Calorio, 1997).	42
Figura 4 - Vazamento irregular no extravasor do canal principal.	46
Figura 5 - Abastecimento irregular de reservatório em propriedade fora do projeto Califórnia.	47
Figura 6 - Pontos de furtos de água por meio de canos inseridos no canal principal.	48
Figura 7 - Parte danificada do canal, sem a devida cobertura e reparo da estrutura.	48
Figura 8 - Construção irregular sobre a estrutura do canal principal.	49
Figura 9 - Percentagem dos entrevistados por gênero.	50
Figura 10 - Percentagem dos entrevistados por faixa etária.	51
Figura 11 - Condição de moradia dos participantes da pesquisa.	52
Figura 12 - Tempo de residência no lote.	53
Figura 13 - Quantidade de membros da família.	54
Figura 14 - Nível educacional dos agricultores.	55
Figura 15 - Fonte de renda dos participantes.	56
Figura 16 - Renda mensal familiar.	56
Figura 17 - Experiência com irrigação ao adquirir o lote.	57
Figura 18 - Gráfico da dimensão ambiental.	58
Figura 19 - Mapa georreferenciado do Perímetro Irrigado Califórnia com destaque para as áreas de preservação ambiental do projeto.	60
Figura 20 - Gráfico da dimensão social.	62
Figura 21 - Gráfico da dimensão econômica.	64
Figura 22 - Gráfico do Índice de sustentabilidade de Calório (1997).	71

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Classificação do nível de Sustentabilidade.	43
Tabela 2 - Itens, índices e valores dos indicadores em médias ponderadas (Mp) e de Vpn (valor de cada eixo adimensionalizado), pela metodologia de Calorio (1997) do Perímetro Irrigado Califórnia, Sergipe.	69
Tabela 3 - Cálculo do índice de sustentabilidade Calório (1997), com valor de cada eixo adimensionalizado (Vpn), lado faltante do triângulo (Dn), semiperímetro (Pn) e área de cada triângulo (Sn).	69
Tabela 4 - Índice de sustentabilidade (Calorio, 1997) adaptado [ISC], área mais limitante (AML), e classificação do nível de sustentabilidade [CS] para o Perímetro Irrigado Califórnia.	72

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 - Cronologia das ações e políticas desenvolvimentista do semiárido.....	20
Quadro 2 - Programas Especiais de Desenvolvimento Regional com Incidência no Semiárido (1970 e 1980).....	21
Quadro 3 - Programas e políticas criados após os anos 2000 com atuação no desenvolvimento do semiárido.	23
Quadro 4 - Objetivos e questões de pesquisa.	35
Quadro 5 - Seleção dos indicadores pretendidos.....	39
Quadro 6 - Pontos críticos observados através da visita preliminar à área de estudo.	45
Quadro 7 - Seleção dos indicadores, variáveis e suas referências para escala de sustentabilidade.	67

SUMÁRIO

INTRODUÇÃO	11
1 REFERENCIAL TEÓRICO.....	15
1.1 Desenvolvimento sustentável: conceito e importância	15
1.2 Histórico das políticas públicas desenvolvimentistas de irrigação no Semiárido	18
1.3 Perímetro irrigado Califórnia: concepção, planejamento e produção científica	24
1.4 Indicadores de sustentabilidade e método de mensuração em perímetros irrigados	28
2 MATERIAL E MÉTODOS.....	33
2.1 Recorte espacial e caracterização da área de estudo.....	33
2.2 Método de abordagem.....	35
2.3 Procedimentos metodológicos.....	36
2.4 Identificação preliminar dos pontos críticos do sistema	37
2.5 Seleção das dimensões da sustentabilidade	38
2.6 Critério de seleção dos indicadores.....	38
2.7 Mensuração dos indicadores	39
2.8 Cálculo do índice de sustentabilidade.....	40
2.9 Cálculo amostral.....	42
2.10 Classificação da sustentabilidade	43
2.11 Tratamento dos dados	43
3 RESULTADOS E DISCUSSÃO	45
3.1 Situação do perímetro irrigado Califórnia.....	45
3.2 Perfil socioeconômico dos entrevistados.....	50
3.3 Dimensão ambiental	58
3.4 Dimensão social.....	61
3.5 Dimensão econômica	63
3.6 Cálculo do índice de sustentabilidade.....	65
4 CONSIDERAÇÕES FINAIS	76
REFERÊNCIAS.....	78
APÊNDICES E ANEXOS.....	84

INTRODUÇÃO

A agricultura irrigada tem sido indicada como o setor responsável por cerca de 70% das retiradas de água doce, seguida pela indústria (pouco menos de 20%) e pelos usos domésticos (cerca de 12%). No tocante às águas subterrâneas, estas fornecem cerca de 25% de toda a água usada para irrigação (UNESCO, 2024). Tendo em vista o avanço no desenvolvimento das *commodities*, a expansão da fronteira agrícola no Nordeste brasileiro e a alta demanda de água para o setor, alguns impactos ambientais têm sido gerados. Historicamente, a Região Nordeste, especificamente o semiárido, tem enfrentado desafios significativos relacionados aos recursos hídricos, apresentando uma alta variabilidade temporal e espacial das precipitações, à vista disto, a prática da irrigação é uma técnica imprescindível para o desenvolvimento da região. Visando minimizar os impactos da seca no semiárido, bem como a expansão da fronteira agrícola, o Governo Federal deu início a projetos públicos de irrigação.

Os perímetros irrigados contribuíram com o desenvolvimento dos camponeses, a partir da distribuição de lotes para assentados, possibilitando que essas famílias pudessem se desenvolver no campo. No entanto, alguns desses projetos não receberam suporte governamental adequado para sua operação, o que resultou em seu declínio e decadência ao longo do tempo. Além disso, a falta de assistência técnica ocasiona o manejo inadequado das áreas agricultáveis, o que resulta no insucesso de projetos públicos de perímetros irrigados. O Perímetro Irrigado Califórnia, situado no semiárido sergipano, retrata em sua história o contexto dessa realidade, observando-se o descaso e a falta de manutenção para com as infraestruturas existentes, que prejudica há anos os irrigantes de alguns setores, além do desperdício de água em alguns lotes, gerado por irrigação conduzida de maneira inadequada.

O Perímetro Califórnia enfrenta alguns desafios relacionados a temas como pressão antrópica, agricultura irrigada, condições de vida dos agricultores inseridos no projeto, e ações governamentais locais. Além disso, como observado por Costa (2015), a assistência técnica prestada no perímetro é motivo de insatisfação por parte dos agricultores. Diante disto, faz-se necessário investigar qual o fator limitante para a manutenção da sustentabilidade no Perímetro Irrigado Califórnia.

Em sua pesquisa no Perímetro Irrigado Poção da Ribeira em Itabaiana, Silva (2016) relatou situações de falta de água que causaram perdas na produção de cerca de 65% dos irrigantes, e estes apontaram como causas o uso excessivo do recurso por parte de alguns irrigantes e problemas no sistema de bombeamento e tubulações, sobretudo para os agricultores

nos extremos do sistema de distribuição. A mesma situação foi observada em visitas preliminares ao local de estudo, algo que ocorre há alguns anos. Costa (2015) observou em sua pesquisa no Perímetro Califórnia que a condução da água sofre com problemas técnicos, especialmente nas estações elevatórias, que acarreta a falta de água para irrigação das culturas agrícolas. O exposto supracitado demonstra a fragilidade do sistema de irrigação da área, que mesmo com rodízios na distribuição de água sendo praticados, não há pressão para irrigação no sistema, o que compromete o uso da irrigação.

A problemática descrita anteriormente causa impacto direto no tripé da sustentabilidade, uma vez que ocasiona desperdícios de água, perdas na produção e falta de assistência técnica que oriente de forma correta os agricultores em relação ao manejo de irrigação. Uma vez que essas ações ocorrem, são observados impactos nas condições de vida da população, seja no âmbito econômico ou social, bem como no ambiente em que essas pessoas estão inseridas, consequentemente este se encontra mais degradado devido às práticas realizadas.

A questão da sustentabilidade no manejo dos recursos hídricos é uma preocupação crítica e iminente, especialmente diante da crescente demanda por água para atividades agrícolas. Esta preocupação é, ainda, mais urgente quando se considera as projeções de aumento na demanda por alimentos para os próximos anos. O uso total de produtos agrícolas e pesqueiros deve crescer 1,0% ao ano na próxima década, principalmente em países de baixa e média renda. O consumo global de alimentos deve aumentar 1,2% ao ano, devido ao crescimento populacional e de renda (OECD/FAO, 2024).

A gestão correta dos recursos hídricos destinados para irrigação desempenha um papel fundamental na sustentabilidade das terras irrigadas, sobretudo em regiões áridas e semiáridas, considerando-se as condições adversas dessas regiões. Frente à realidade do agravamento nas mudanças climáticas, em que frequentemente se tem questionado o modelo de produção agrícola, os padrões de consumo e seus impactos no meio ambiente, a incorporação dos fatores socioeconômicos relacionados à gestão sustentável são imprescindíveis para uma abordagem ambiental (Iglesias; Garrote, 2015).

A integração entre o uso da terra, a gestão dos recursos hídricos disponíveis, a qualidade da água destinada para irrigação, a geologia da área, a drenagem natural do solo, as condições climáticas locais, os produtos comercializados, o nível educacional dos irrigantes, e outros fatores, é essencial para a manutenção da sustentabilidade dos projetos de irrigação. Com base nisso, faz-se necessário o uso de ferramentas de avaliação e de monitoramento, que levem em consideração essa pluralidade dos elementos presentes nesse sistema.

À luz disso, entende-se que métodos de avaliação e gestão puramente técnicos não são

eficientes para o enfrentamento dos desafios relacionados à gestão das águas, a existência de uma multiplicidade de interconexões entre os recursos naturais e atores sociais, afeta, fortemente, a evolução dos projetos públicos de irrigação. Por conseguinte, estratégias de gestão baseadas em uma abordagem tecnicista e em um conhecimento deficiente da complexidade do sistema, por exemplo, o comportamento dos atores, podem resultar em incertezas e ações ineficazes (Vito *et al.*, 2019; Portoghesi *et al.*, 2013).

Considerando que os perímetros irrigados são áreas dedicadas à produção agrícola, sua gestão deve ser pautada na integração e articulação de diferentes elementos que compõem esse sistema. Os instrumentos para essa articulação devem levar em consideração, no mínimo, as três principais dimensões da sustentabilidade, a social, a econômica e a ambiental.

Devido a isso, a agregação de uma variedade de indicadores pode auxiliar na interpretação da realidade desse sistema, a partir da aplicação de uma ferramenta, como o índice de sustentabilidade, que permite refletir sobre a realidade das alterações sofridas pelo ambiente em decorrência da agricultura irrigada. O principal objetivo dessa ferramenta é proporcionar informações compactas para o gerenciamento das políticas de desenvolvimento.

Evidencia-se que ao tratar de políticas públicas de recursos hídricos, a Lei N° 9.433/97 prevê que a descentralização é um dos pilares da gestão desses recursos, destacando a importância da integração entre o Poder Público, usuários e comunidades. A partir do exposto, faz-se uma leitura de que a Política Nacional dos Recursos Hídricos estimula a interdisciplinaridade, ao estabelecer diretrizes de ação como a adequação da gestão de recursos hídricos às diversidades físicas, bióticas, demográficas, econômicas, sociais e culturais das diversas regiões do País, e integra a gestão dos recursos hídricos com a gestão ambiental.

Levando-se em consideração a Agenda 2030 e os Objetivos do Desenvolvimento Sustentável (ODS), o presente trabalho irá atender ao ODS 2, no que concerne à Fome Zero e Agricultura Sustentável. Esta tem como a meta 2.4 garantir sistemas sustentáveis de produção de alimentos, bem como fomentar práticas agrícolas resilientes que ajudem a manter os ecossistemas, e que melhorem progressivamente a qualidade do solo, pois, a gestão sustentável dos recursos hídricos promove essas mudanças. Atenderá também ao ODS 6, Água Potável e Saneamento, relativo à meta 6.b de apoiar e fortalecer a participação das comunidades locais na melhoria da gestão da água e do saneamento. Ademais, atenderá ao ODS 12, no que se refere à Produção e Consumo Sustentáveis, tendo como meta 12.2 alcançar a gestão sustentável e o uso eficiente dos recursos naturais, até 2030.

Tendo em vista as problemáticas citadas anteriormente, esta pesquisa busca investigar o nível de sustentabilidade em que o Perímetro Califórnia se encontra, desta maneira, as

questões norteadoras da pesquisa são: O desenvolvimento atual da região está sendo acompanhado pela integração do bem-estar social, redução da degradação ambiental e desenvolvimento econômico? Qual o principal fator que afeta a manutenção da sustentabilidade no Perímetro Irrigado Califórnia?

Deste modo, a presente pesquisa tem como hipóteses: 1. A gestão do perímetro e a falta de capacidade técnica dos agricultores são fatores que influenciam diretamente a sustentabilidade local. 2. A utilização dos indicadores de sustentabilidade selecionados permitirá identificar e caracterizar as debilidades econômicas e socioambientais do sistema, bem como sua integração.

Diante do exposto, a presente pesquisa tem como objetivo geral determinar o índice sustentabilidade do perímetro irrigado Califórnia/SE. Para que se faça possível alcançá-lo, foram traçados quatro objetivos específicos, sendo eles:

- ✓ Selecionar um conjunto de indicadores de sustentabilidade para avaliação do sistema nas dimensões social, econômica, ambiental e técnica;
- ✓ Mensurar os indicadores de sustentabilidade na área de estudo;
- ✓ Avaliar a integração entre as relações sociais, ambientais e econômicas em ocorrência no perímetro irrigado;
- ✓ Classificar o nível de sustentabilidade do perímetro a partir da metodologia de Calório (1997) e adaptada por Faccioli e Gomes Filho (2021)

Após o estabelecimento do objetivo geral deste estudo, o trabalho foi organizado abordando aspectos específicos relacionados à sustentabilidade do Perímetro Irrigado Califórnia em Sergipe. No Referencial Teórico foram discutidos os conceitos e a importância do desenvolvimento sustentável em perímetros irrigados, seguido do histórico das políticas públicas desenvolvimentistas de irrigação no Semiárido e a concepção, planejamento e produção científica relacionada ao Perímetro Irrigado Califórnia, além da discussão sobre indicadores de sustentabilidade e método de mensuração.

No item Material e Métodos, foram detalhados o recorte espacial e a caracterização da área de estudo, bem como os métodos de abordagem, procedimentos metodológicos, identificação preliminar dos pontos críticos do sistema, seleção das dimensões da sustentabilidade, critérios de seleção de indicadores, mensuração dos indicadores, cálculo do índice de sustentabilidade, amostragem, classificação da sustentabilidade e tratamento dos dados. Por fim, em Resultados e Discussão foram apresentados os itens: Situação do perímetro irrigado Califórnia; Perfil socioeconômico dos entrevistados; Dimensão ambiental; Dimensão social; Dimensão econômica e Cálculo do índice de sustentabilidade.

1 REFERENCIAL TEÓRICO

1.1 Desenvolvimento sustentável: conceito e importância

Historicamente, o século XX foi o período em que os problemas ambientais começaram a ocupar uma nova dimensão dentro do cenário mundial. A Conferência de Estocolmo, em 1972, realizada pela Organização das Nações Unidas (ONU) envolvendo 113 países, trouxe à tona o debate sobre ambientalismo. O objetivo da conferência foi pensar em alternativas sustentáveis para os padrões de produção e consumo da sociedade, a nível internacional. No mesmo ano, o Clube de Roma publicou o famoso relatório “Limites do Crescimento”, que tinha como objetivo principal alertar a sociedade sobre a temática ambiental, relatando as relações conflituosas entre a tecnologia e o meio ambiente. Desde então, ocorreram diversos eventos decisivos para a evolução da abordagem ambiental, que se tornou central nas esferas social e política.

De acordo com Leff (2006), o debate a cerca do conceito de “desenvolvimento sustentável” surgiu em meados dos anos de 1970, derivado de um movimento da época que tinha como finalidade criar uma sociedade mais consciente, participativa e sustentável, capaz de promover uma mudança radical no estilo de vida e consequentemente nos meios de produção, trazendo dessa maneira uma nova percepção de valores de vida e de crescimento econômico.

Durante o passar dos anos houve divergências no conceito de desenvolvimento sustentável, tendo em vista que os pesquisadores têm visões diferentes a respeito dessa temática. Para Barbieri (1997), o conceito de desenvolvimento sustentável é tido como uma maneira de apresentar soluções para os impactos ocasionados pela ação antrópica, não apenas aos que estejam relacionados ao aspecto ambiental, mas também aos que estão associados a outras dimensões, como a social, econômica e política. Entretanto, sob outra ótica, o relatório de Brundtland (1987), conceituou desenvolvimento sustentável como “O desenvolvimento que atende às necessidades do presente sem comprometer a capacidade das gerações futuras de atenderem suas próprias necessidades”, sendo esse um dos conceitos mais aceitos.

Após a publicação do relatório de Brundtland, conhecido como “Nosso Futuro Comum”, elaborado pela Comissão Mundial sobre Meio Ambiente e Desenvolvimento, e da Conferência das Nações Unidas sobre o Meio Ambiente e Desenvolvimento (CNUMAD), conhecida como ECO-92, ocorrida no Rio de Janeiro em 1992, o conceito de Desenvolvimento Sustentável foi difundido de maneira mais ampla no cenário mundial. A discussão sobre o

modelo de desenvolvimento que almeja a sustentabilidade consolidou-se na sociedade a partir da elaboração de diversos relatórios e conferências a nível mundial.

Na sequência, em 2000, foram fundados os oito Objetivos de Desenvolvimento do Milênio (ODM), que objetivavam a erradicação da pobreza e da fome. Os ODM foram criados durante a 55ª sessão da Assembleia Geral, a chamada "Cúpula do Milênio das Nações Unidas". Esta foi adotada de forma unânime por chefes de Estado e representantes de 191 países, durante o evento realizado na sede da ONU em Nova Iorque. Os oito ODM tinham um total de 21 metas, traçadas a partir de um plano para implementação de políticas de saúde, saneamento, educação, habitação, igualdade de gênero e meio ambiente, além de medidas para promoção do desenvolvimento sustentável. A maioria das metas estabelecidas tinha como horizonte temporal o intervalo de 1990 a 2015, monitoradas por 60 indicadores (Roma, 2019).

Além dos relatórios e conferências supracitados, sendo estes uns dos mais importantes, em 2012 ocorreu a Conferência das Nações Unidas sobre Desenvolvimento Sustentável, na cidade do Rio de Janeiro. Amplamente conhecida como "RIO+20", teve como objetivo reafirmar e renovar o compromisso político mundial com o desenvolvimento sustentável, firmado na ECO-92. Além disso, a Rio+20 apresentou avanços para a adoção dos Objetivos do Desenvolvimento Sustentável, em que ficou firmado o compromisso das Nações Unidas adotarem os ODS, dentro do contexto da existência dos ODM, a partir de 2015. O documento resultante da Rio+20, intitulado "O Futuro que Queremos", lançava as bases para que os países membros da ONU construíssem coletivamente esses objetivos (Silva, 2021).

Desse modo, a comunidade internacional teve cerca de três anos para estudar, avaliar, desenvolver e formular objetivos, metas e indicadores de desenvolvimento sustentável aplicáveis a todos os países do mundo. Ademais, isso reflete o reconhecimento de que todos os países, desenvolvidos e em desenvolvimento, têm desafios a serem superados quando o assunto é promoção do desenvolvimento sustentável, em suas três dimensões: social, econômica e ambiental (Silva, 2021; MRE, 2022).

Na sequência, no ano de 2015, como parte do processo de criação de uma agenda que viria a substituir os ODM, chefes de Estados e representantes de 193 países membros da ONU aprovaram o documento "Transformando Nosso Mundo: A Agenda 2030 para o Desenvolvimento Sustentável". Integram a Agenda 2030 um conjunto de 17 Objetivos de Desenvolvimento Sustentável, com 169 metas, que não apenas os propõe, mas também trata dos meios de implementação que permitirão sua concretização.

No Brasil, a governança para implementação dos ODS foi instituída por meio do Decreto nº 8.892/2016, que criou a Comissão Nacional para os Objetivos de Desenvolvimento

Sustentável. Em síntese, de um total de 169 metas globais encaminhadas pela ONU, 167 foram consideradas pertinentes ao país, ainda que muitas delas tenham requerido alterações no texto para se adequarem à realidade brasileira. O trabalho de adequação dos indicadores globais à realidade nacional, por sua vez, encontra-se sob responsabilidade do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Ademais, as metas dos 17 ODS representam uma oportunidade de pautar a criação e o aprimoramento de políticas públicas, programas e ações governamentais, e assim, fazer com que estes trilhem um caminho rumo ao desenvolvimento sustentável nacional. O maior desafio apresentado atualmente é fazer com que os ODS, e suas respectivas metas, se internalizem de fato no Brasil, permitindo que seu potencial de induzir o desenvolvimento sustentável realmente se concretize e seja efetivo (Roma, 2019).

Diante do cenário apresentado anteriormente, na busca para atingir o Desenvolvimento Local Sustentável, é necessário que haja um planejamento, o qual se torna um instrumento essencial na busca pela mitigação dos impactos sobre as dimensões socioeconômicas e ambientais, com vista a alcançar os objetivos comuns. Os aspectos econômicos, sociais e ambientais e seus respectivos fatores utilizados para esse planejamento, de acordo com o IBGE, são: Quadro econômico, Padrões de produção e consumo; População, Trabalho e Rendimento, Saúde, Educação, Habitação, Segurança; Atmosfera, Terra, Água doce, Biodiversidade, Saneamento (Brasil, 2015).

Durante o processo de planejamento, a participação da sociedade se faz essencial por promover interação entre saberes e negociação de interesses, além de estimular a aprendizagem social, ampliar a capacidade da sociedade local a adaptar-se, responder aos desafios e às mudanças. Visando o desenvolvimento sustentável, o planejamento participativo é necessário e expressa grande importância na elaboração das políticas públicas, devendo-se recorrer na utilização de metodologias participativas, visando diagnosticar e/ou planejar propostas para o desenvolvimento econômico, social e ambiental (Estevam *et al.*, 2021).

Na escala do desenvolvimento sustentável existem diversas abordagens e dimensões, como citado anteriormente, e é essencial que todas sejam levadas em consideração no momento de avaliação da sustentabilidade de algum sistema. Com relação à definição de sistemas, de acordo com Gregory (2014), a teoria geral dos sistemas pode ser definida como elementos que estão relacionados entre si e que são limitados. Estes componentes constituem um "sistema", que funciona dentro de um campo ou de um ambiente. A teoria geral de sistemas encara o desenvolvimento sustentável com visão holística e multidisciplinar, visto que num sistema temos vários elementos interdependentes que interagem entre si, tornando o sistema funcional.

Desse modo, o enfoque teórico sobre sustentabilidade neste trabalho está alicerçado na teoria geral dos sistemas, tendo em vista que os perímetros irrigados são áreas de produção agrícola com a utilização de recursos naturais, ou seja, são um sistema aberto com entrada de energia e matéria-prima, que são transformados por meio de processos que ocorrem no sistema, com saídas resultando em produtos ou serviços (Gregory, 2014).

Nessa perspectiva, a abordagem sistêmica torna-se imprescindível, pois auxilia na compreensão de conceitos de alguns campos como o da economia, ecologia, ciências organizacionais, sociais e ciências de gestão, além de que o planejamento e gestão devem ser baseados na articulação das partes que constituem esse sistema. Ademais, essa é uma abordagem que permite avaliar os investimentos públicos e privados para a gestão de recursos naturais, identificar fatores econômicos, institucionais, ambientais e tecnológicos, além de desenvolver critérios de avaliação e indicadores de desempenho. Por fim, estabelece orientações técnicas que visem o monitoramento dos indicadores de acordo com os objetivos pretendidos e os resultados encontrados (Bellamy *et al.*, 2001).

1.2 Histórico das políticas públicas desenvolvimentistas de irrigação no Semiárido

O Semiárido brasileiro é composto por 1.262 municípios, se estende pelos nove estados do Nordeste e pelo norte de Minas Gerais e ocupa 12% do território nacional. Os critérios para delimitação do Semiárido foram a precipitação pluviométrica média anual inferior a 800 mm, índice de Aridez de Thornthwaite de até 0,5 e percentual diário de déficit hídrico (risco de seca) igual ou superior a 60% (IBGE, 2017). A competência para fixar critérios técnicos e científicos para delimitação do Semiárido foi dada ao Conselho Deliberativo (CONDEL) da Superintendência do Desenvolvimento do Nordeste (SUDENE). Segundo a lei Nº 7.827/1989, que institui o Fundo Constitucional de Financiamento do Norte, Nordeste e Centro-Oeste, o semiárido é definido como a região natural inserida na área de atuação da SUDENE. Ainda sobre esta lei, o Fundo Constitucional de Financiamento do Nordeste inclui a finalidade específica de financiar, em condições compatíveis com as peculiaridades da área, atividades econômicas do semiárido, sendo destinado metade dos recursos ingressados nos termos do art. 159, inciso I, alínea c, da Constituição Federal.

Ao longo dos anos, o semiárido brasileiro destaca-se por apresentar problemáticas em relação aos recursos hídricos, com alta variabilidade temporal e espacial das precipitações, além das altas taxas de evapotranspiração, elementos que combinados elevam o risco da escassez hídrica. Levando em consideração o supracitado, a prática da irrigação é uma técnica

fundamental e indispensável para o desenvolvimento da região. A irrigação em algumas regiões serve como complemento para suprir a necessidade hídrica das culturas, em casos de falta de precipitação, porém o mesmo não é válido para o Nordeste. Essa é a região brasileira que mais necessita da utilização da irrigação na agricultura, visto que mais da metade das suas terras está localizada em áreas caracterizadas pelo clima semiárido (Nhampossa, 2015).

Com base no Plano de Desenvolvimento Sustentável do Semiárido – PDSA, (Brasil, 2005), a chave para o desenvolvimento do semiárido foi a solução hidráulica, concebida após a grande seca que ocorreu entre os anos de 1877-1879. Isso porque até meados do século XX o entendimento por parte do governo brasileiro era de que o problema das secas se restringia à falta de água. Dessa forma, as intervenções públicas fundamentaram-se principalmente na solução hidráulica. Após esse período, a solução encontrada caracterizou-se pela construção de açudes, seguido por um discurso político alicerçado no desenvolvimento através da irrigação.

A primeira obra pública iniciada foi o Açude do Cedro, localizado no Ceará, concluída apenas em 1906. Em seguida, no ano de 1909, foi criada a Inspetoria de Obras Contra as Secas (IOCS), instituição que realizou os primeiros estudos sobre o Nordeste, após dez anos fora transformada em Inspetoria Federal de Obras Contra as Secas (IFOCS). Na sequência, em janeiro de 1945, foi passada à condição de autarquia sob o nome de Departamento Nacional de Obras Contra as Secas (DNOCS). Ademais, essas entidades foram responsáveis pelos primeiros, mais abrangentes e importantes estudos relacionados aos recursos naturais do Nordeste, bem como as primeiras práticas de irrigação no semiárido.

Durante o período de maior força da “fase hidráulica”, 1900 a 1950, o governo federal deu início à criação de uma base técnica para a agricultura nos espaços semiáridos do Nordeste, por intermédio do Serviço Agroindustrial vinculado à IFOCS e, depois, ao DNOCS. As atividades a este respeito foram começadas nos anos de 1930, em Souza, na Paraíba, pelo Instituto José Augusto Trindade. No período de 1909 a 1950 foram construídos 133 açudes públicos e 317 açudes em cooperação no Nordeste Semiárido, representando tais números mais da metade dos açudes construídos até hoje, em relação às duas categorias referidas. Isso mostra a ênfase concedida às principais ações executadas pela União no curso do principal período da fase hidráulica. Porém, os esforços daquela fase foram insuficientes para deflagrar estudos de maior expressão nos domínios do progresso técnico ligado à engenharia, à agronomia e ao planejamento da irrigação e da agricultura irrigada (Brasil, 2005).

Visando minimizar os impactos da seca, bem como a expansão da fronteira agrícola, o Governo Federal deu início à uma série políticas e projetos para o semiárido (Quadro 1):

Quadro 1 - Cronologia das ações e políticas desenvolvimentista do semiárido.

Ano	Evento	Objetivo	Governo
1909	Criação do IOCS	Desenvolver e implementar projetos de combate aos efeitos da seca no Nordeste do Brasil.	Nilo Peçanha
1919	Transformação do IOCS em IFOCS	Ampliar o escopo de atuação e responsabilidades do órgão, assumindo um papel mais relevante no desenvolvimento de políticas, pesquisas e projetos relacionados à gestão dos recursos hídricos, agricultura, infraestrutura e desenvolvimento socioeconômico da região nordeste.	Epitácio Pessoa
1934	Criação do Código das Águas (Decreto 24.643)	Regular o uso e o aproveitamento dos recursos hídricos nacionais, disciplinar o aproveitamento industrial das águas e da exploração de energia hidráulica	Getúlio Vargas
1936	Delimitação do polígono das secas	Primeira delimitação legal, denominando a área em alusão à sua característica física mais marcante.	Getúlio Vargas
1945	Mudança da IFOCS em DNOCS	Reestruturar e ampliar as competências da instituição. Proporcionou maior legitimidade e visibilidade ao órgão, permitindo-lhe obter mais recursos e apoio governamental.	Getúlio Vargas / Eurico Gaspar Dutra
1945	Criação da Companhia Hidrelétrica do São Francisco - CHESF	Aproveitamento e desenvolvimento do potencial energético do Rio São Francisco.	Getúlio Vargas / Eurico Gaspar Dutra
1948	Criação da Comissão do Vale do São Francisco - CVSF	Execução de um plano de aproveitamento das possibilidades econômicas da bacia hidrográfica do São Francisco.	Eurico Gaspar Dutra
1952	Criação do Banco do Nordeste	Apoiar financeiramente os municípios que faziam parte do Polígono das Secas.	Getúlio Vargas
1956	Criação do Grupo de Trabalho para o Desenvolvimento do Nordeste (GTDN)	Desenvolvimento nordestino focado no meio rural, mais especificamente à necessidade de aumento da produção agrícola, mediante o aumento da produtividade.	Juscelino Kubitschek
1959	Instituição da SUDENE	Coordenar a implementação das políticas e dos programas de desenvolvimento do Nordeste, articulando a atuação dos demais órgãos governamentais da região	Juscelino Kubitschek

Fonte: elaborado pela autora, baseado em Brasil (2005); Silva (2010); Travassos *et al.* (2013); Castro (2018).

As políticas de irrigação começaram a ser implementadas no final da década de 1960, pelo DNOCS, visando a reestruturação do espaço agrário. Estas políticas tinham como principal objetivo introduzir um novo modelo de produção agrário/agrícola nessa região, via modernização da agricultura e incentivo a culturas agrícolas de maior rentabilidade (Pontes *et al.*, 2013). O DNOCS e a Codevasf foram responsáveis pela implantação das obras de infraestrutura hídrica de irrigação de maior porte e importância existentes no Nordeste. Chegaram a implantar pelo menos 50 projetos públicos de irrigação em áreas do semiárido e do Vale do São Francisco (Brasil, 2005).

A partir da criação da SUDENE, as políticas de combate a seca fundamentaram-se através de um novo modelo, deixando de ser a política de construção de açudes e estradas algo

indispensável para o desenvolvimento da região e sinônimo de solução dos problemas do semiárido (Travassos *et al.*, 2013). As ações realizadas pela SUDENE no semiárido tomaram novos rumos a partir dos anos de 1970, com a instituição de Programas Especiais de Desenvolvimento Regional (Quadro 2). Vale frisar que boa parte desses programas foram concebidos sob uma perspectiva centralizadora do Governo Federal, em relação ao desenvolvimento do Nordeste, do que como resultado de decisões emanadas da própria Região (Brasil, 2005). A concepção e implementação dos Programas Especiais foram viabilizadas a partir dos estudos (socioeconômicos e de recursos naturais) estimulados ou realizados pela SUDENE, diretamente ou em cooperação com instituições como o Banco do Nordeste, DNOCS e Comissão do Vale do São Francisco.

Quadro 2 - Programas Especiais de Desenvolvimento Regional com Incidência no Semiárido (1970 e 1980).

Ano	Programa/Projeto	Objetivo e Características
1971	PIN-Proterra	Promover a colonização na Amazônia e no Nordeste
1971	Provale	Incentivo à Irrigação no Vale do São Francisco
1974	Polonordeste	Apoiar pólos de desenvolvimento integrado no Nordeste
1974	Pdan	Programa ligado ao Polonordeste com o objetivo de desenvolver a agroindústria no Nordeste, na linha de apoio à iniciativa privada
1976	Projeto Sertanejo	Tornar a economia mais resistente aos efeitos da seca a partir da associação entre agricultura irrigada e seca, além de apoiar pequenos e médios produtores rurais no Nordeste
1979	Prohidro	Fornecer água para atividades agrícolas irrigadas
1981	Provárzeas	Apoiar a produção de alimentos básicos em áreas de várzeas e prestar assistência ao pequeno agricultor.
1983	Projeto Nordeste	Reestruturar e integrar os projetos de desenvolvimento do Nordeste
1983	PAPP	Apoiar o pequeno produtor rural por meio de infraestrutura, irrigação, crédito rural, comercialização, assistência técnica e extensão, pesquisa e acesso à terra. Buscava criar condições para que cada família pudesse tornar-se economicamente autossustentável.
1985	Proine	Promover a irrigação no Nordeste
1986	Projeto São Vicente	Oferecer suporte técnico e financeiro a pequenos produtores rurais nordestinos.
1988	Projeto Padre Cícero	Ampliar o número de reservatórios de água no interior do Nordeste, incentivando a convivência com a seca

Fonte: adaptado de Silva (2010).

Os Programas Especiais de Desenvolvimento lançados pelo Governo Federal no início da década de 1970 objetivavam exercer forte incidência no Semiárido. Esses programas comandavam as ações de investimento, dando ênfase ao setor agrícola com estímulo à modernização da produção, impulsionaram a implantação de agroindústrias e fomentaram projetos de irrigação, estando de acordo com os Planos Nacionais de Desenvolvimento na década de 1970 (Silva, 2010).

Nos anos entre 1979 e 1983 ocorreu uma seca que afetou cerca de três milhões de

trabalhadores rurais, isso demonstrou que os problemas relacionados à pobreza no semiárido permaneciam tão intensos quanto há alguns anos. Tendo em vista isso, o Governo Federal promoveu uma avaliação dos Programas Especiais, articulado com os governos estaduais, concebendo uma nova estratégia de desenvolvimento para a região, que resultou no Projeto Nordeste. Este por sua vez veio para substituir os programas anteriores em prol de uma estratégia de desenvolvimento rural, a partir disto foi criado o Programa de Apoio ao Pequeno Produtor Rural (PAPP), abarcando os seguintes componentes: desenvolvimento fundiário, irrigação, recursos hídricos, tecnologia, crédito, extensão rural, comercialização e associativismo (Brasil, 2005; Silva, 2010). Em avaliações realizadas pela SUDENE no PAPP, foram constatados problemas relacionados aos recursos financeiros, somente 30% do valor previsto para aplicação no projeto havia sido liberado pelo Banco Mundial, além da aplicação dos créditos rurais só chegarem para grandes produtores, o que afetou negativamente os planos de desenvolvimento da região.

O padrão histórico de intervenção estatal resultou em conflitos, não apenas relacionados ao uso dos recursos naturais, mas também entre as agendas políticas setoriais. Entretanto, muitos dos projetos atuais seguem uma abordagem semelhante à dos investimentos anteriores, porém em um contexto marcado pela redemocratização e pela participação mais ampla de atores políticos, econômicos e sociais no processo de formulação das políticas públicas. Nos anos 2000, os grandes projetos de infraestrutura foram retomados como uma prioridade governamental, porém, sob a influência de arenas políticas mais diversificadas. Além das transformações políticas e econômicas, as mudanças climáticas também contribuem para tornar este processo ainda mais complexo, atuando como fator que agrava as divergências já existentes (Milhorange *et al.*, 2019).

Após os anos 2000, foram implementadas várias políticas públicas desenvolvimentistas e de irrigação (Quadro 3), que representam alguns dos esforços do governo brasileiro para promover o desenvolvimento econômico, social e ambientalmente sustentável do Nordeste semiárido nos últimos anos.

Quadro 3 - Programas e políticas criados após os anos 2000 com atuação no desenvolvimento do semiárido.

Ano	Programas/Políticas	Objetivo
2001	Programa Nacional de Fortalecimento da Agricultura Familiar (PRONAF)	Proporcionar o aumento da produção agrícola, a geração de empregos e a elevação da renda, objetivando a melhoria da qualidade de vida dos agricultores familiares, afim promover o desenvolvimento sustentável do meio rural.
2002	Programa Garantia-Safra	Apoiar os pequenos agricultores de municípios sujeitos à vulnerabilidade climática, com foco no semiárido, que enfrentaram perdas na lavoura ocasionadas por secas ou excesso de chuva.
2004	Programa Água Doce	Promover acesso à água potável para consumo humano em regiões semiáridas do Brasil, onde as fontes de água doce são escassas ou contaminadas por sais minerais, além de garantir segurança hídrica e contribuir para o desenvolvimento socioeconômico e ambiental dessas regiões.
2005	Plano Estratégico de Desenvolvimento Sustentável do Semiárido (PDSA)	Primeira proposta de um plano específico de desenvolvimento para o Semiárido, almeja o crescimento econômico regional sustentável, com inclusão social e redução das desigualdades entre o Nordeste Semiárido e o restante do país.
2008	Programa de Desenvolvimento da Agricultura Irrigada (PRODESA)	Promover o desenvolvimento sustentável da agricultura irrigada, contribuindo para aumentar a produtividade agrícola, geração de renda no meio rural e o uso eficiente dos recursos hídricos.
2011	Programa Nacional de Universalização do Acesso e Uso da Água (Água para Todos)	Promover a universalização do acesso à água em áreas rurais para consumo humano e para a produção agrícola e alimentar, visando pleno desenvolvimento humano e segurança alimentar e nutricional de famílias em situação de vulnerabilidade social.
2011	Programa Mais Irrigação	Expandir a área irrigada no Brasil, especialmente em regiões consideradas estratégicas para o desenvolvimento agrícola, como o semiárido, buscando aumentar a eficiência do uso da água.
2013	Política Nacional de Irrigação (Lei 12.787/2013)	Promover o desenvolvimento local e regional, com prioridade para as regiões com baixos indicadores sociais e econômicos, ao incentivar a ampliação da área irrigada e o aumento da produtividade em bases ambientalmente sustentáveis.

Fonte: elaborado pela autora, 2025.

Frente à realidade de que a aplicação das políticas de irrigação não foram efetivas, como pretendiam, no que tange ao desenvolvimento da região semiárida, tendo em vista a dificuldade enfrentada pelo Governo, além do planejamento inadequado da infraestrutura necessária para o bom funcionamento dos ambientes de produção agropecuária, bem como a falta de investimento, a negligência para com tecnologias requeridas e com os recursos humanos do local (Castro, 2018). Ainda de acordo com o autor, outra limitação na operacionalização das políticas de irrigação no semiárido ao longo dos últimos cinquenta anos refere-se a aspectos relacionados ao desperdício de recursos hídricos nos perímetros irrigados, tendo em vista que a maioria dos irrigantes nos projetos públicos utiliza métodos menos eficientes, como métodos de aspersão ou por sulcos, em detrimento de métodos como microaspersão ou gotejamento.

Levando em consideração o supracitado, faz-se necessário a aplicação de metodologias de monitoramento para avaliar a situação em que se encontram os perímetros irrigados

atualmente, bem como explicitar os pontos críticos do sistema. Nessa perspectiva, o uso de indicadores é amplamente utilizado para atingir esses objetivos e auxiliar na elaboração de metas que corroborem com o desenvolvimento local.

1.3 Perímetro irrigado Califórnia: concepção, planejamento e produção científica

De acordo com documentos oficiais da empresa gestora, o Projeto Califórnia está em operação desde o ano de 1987, em que são desenvolvidas atividades agrícolas que contam com assistência técnica agrônômica, além de serviços de operação e manutenção prestados pela antiga Companhia de Desenvolvimento de Recursos Hídricos e Irrigação de Sergipe (COHIDRO) atual Companhia de Desenvolvimento Regional de Sergipe (CODERSE). Desde sua concepção original, o Perímetro Irrigado Califórnia possui uma área total de 3980 hectares, sendo 1360 hectares destinados para área irrigável, 676 hectares definidos como área de preservação ambiental e 1830 hectares como área destinada para agricultura de sequeiro. Em princípio houve o parcelamento dos lotes, de maneira que foi estabelecido diferentes tipos de lotes, a saber: 224 lotes irrigados destinados para agricultura familiar com área média de 4 hectares, 19 lotes destinados à técnicos agrícolas com área média de 8 hectares, 15 lotes irrigados destinados à empresários com área média de 15 hectares e, por fim, 64 lotes de sequeiro, com média de área de 30 hectares. Não foram efetuadas alterações nesse parcelamento físico, porém, os lotes destinados aos técnicos foram desmembrados e transformados em lotes para agricultura familiar, o que resultou na existência atual de 252 lotes. Tal mudança não alterou a demanda de água projetada, uma vez que os lotes técnicos eram apenas a junção de dois lotes de colonos.

Assim que o projeto entrou em operação ocorreram duas alterações em sua concepção original, o que resultou em uma mudança significativa para a área potencialmente irrigável. A primeira foi a redução do espaçamento entre os aspersores da malha de irrigação nos lotes, que passou de 12m x 18m para 12m x 12m, essa mudança ocorreu em função da baixa uniformidade de aplicação observada em campo e em decorrência do vento. Na sequência, a segunda foi a alteração do tempo de irrigação, que passou de 16 horas para 12 horas por dia, essa mudança se deu devido à operacionalidade da irrigação para o sistema de irrigação móvel no período noturno. As duas alterações citadas têm efeito aditivo na redução da área potencialmente irrigável do Perímetro, embora não tenham resultado em aumento da demanda instantânea de água.

A água que abastece a sede do município de Canindé, além das vilas, perímetros

irrigados, como o Califórnia e fazendas, é captada diretamente do reservatório da Usina Hidrelétrica de Xingó através do sistema de bombeamento operado pela CODERSE. Com relação ao tratamento da água para consumo da população, está a cargo da Companhia de Saneamento de Sergipe - DESO. A água captada do reservatório de Xingó segue pelo sistema adutor por gravidade até a EB-1 e por canal aberto até a EB-2, posteriormente ocorre a distribuição para as áreas urbana e rural.

Por meio de um processo de negociação entre as empresas DESO e COHIDRO, chegou-se a uma solução, pela qual a empresa de saneamento deslocaria o fluxo de água do canal para uma estação elevatória, localizada ao lado do canal de captação. Após o tratamento, a água é distribuída para a população, que abastece o perímetro urbano, as fazendas e vilas. A população que não é atendida pelo sistema de abastecimento da DESO retira a água diretamente do canal, através de pequenas bombas, ou com uso de sifão, o canal aberto contorna boa parte da zona urbana, o que facilita a prática irregular de captação do recurso hídrico. A utilização irregular da água acarreta três principais problemas, o primeiro está associado aos conflitos de uso da água, seguido da incidência de doenças de veiculação hídrica e por fim problemas à gestão dos recursos hídricos (Pontes, 2010).

A água elevada por meio de adutora é redistribuída em 78 km de extensão, que abastecem os produtores do Califórnia, que é compartilhado com o Projeto Jacaré-Curituba, administrado pela CODEVASF, que garante a produção anual de 28.764 toneladas de produtos da lavoura permanente como acerola, banana, goiaba, manga, graviola, e de lavouras temporárias com abóbora, aipim, amendoim, feijão de corda, milho, quiabo, coentro, maracujá, pimentão e tomate. O projeto gera aproximadamente 1.500 empregos diretos e indiretos (Santos, 2019b).

O projeto Califórnia foi pioneiro na introdução da agricultura irrigada pelo Governo do Estado de Sergipe, com o objetivo de aumentar a produção e produtividade agrícola, mediante a implementação da irrigação, vistas a reverter a realidade de miséria e pobreza enfrentado pela população. Por meio de intervenções e ações, aumentaram-se as oportunidades de emprego no Estado de Sergipe, além de promover o desenvolvimento regional, que beneficiou uma população de 17640 pessoas, gerou em média 4.200 empregos diretos e 8.400 indiretos (CODEVASF, 2006).

O Perímetro Califórnia, assim como os demais perímetros estaduais, se encontra hoje com 36 anos de operação. Esse período está além da vida útil estimada para o material de irrigação parcelar implementado no início da sua operação. Após 15 anos da inauguração do perímetro houve a renovação desse material, efetuada às custas do agricultor irrigante, o principal critério observado pelo agricultor foi o preço e disponibilidade em mercados locais.

No que concerne aos emissores, a opção mais comum foi a troca para aspersores de material plástico, que naturalmente são mais baratos. Ademais, na maioria dos casos, os técnicos da empresa gestora do perímetro observaram que os novos aspersores implantados apresentavam vazões nominais superiores àquela estabelecida na concepção do projeto. Em virtude dessas situações, esse fato se constitui como o principal problema, segundo a empresa, observado no Projeto Califórnia, com impacto imediato na sua operacionalização e custos de manutenção.

O projeto público Califórnia é objeto de estudo de diversas pesquisas científicas, sejam elas no âmbito das ciências ambientais, agrárias ou sociais. Diversos estudos foram desenvolvidos ao longo dos anos, muitos deles voltados aos impactos socioambientais da operação do perímetro, uso e ocupação do solo, usos múltiplos da água (Santos, 2019b).

Aguiar Neto *et al.* (2007), constataram em seu trabalho a presença do acúmulo de sais em diversos lotes do perímetro Califórnia. Foram amostrados solos de 42 lotes irrigados, parcela que representa 16% da quantidade total de lotes do perímetro, as amostragens foram realizadas em locais com problemas de salinidade já identificados visualmente. De acordo com o autor, o manejo inadequado da irrigação local ocasionou tal acúmulo, cuja intensidade está atrelada à qualidade da água utilizada para irrigação, a fração de lixiviação e a evapotranspiração da região. Segundo os estudos desse autor, foi identificado a maior ocorrência de acúmulo de sais e sódio na camada superficial do solo (0 – 0,2 m), que tem como consequência a redução do rendimento das culturas, fazendo-se necessário o manejo adequado do solo com uso de estratégias para controlar a situação.

Por sua vez, Resende *et al.* (2014) encontraram resultados diferentes para os teores de sais e sódio. Com uma metodologia diferente da proposta por Aguiar Neto *et al.* (2007), a densidade amostral foi igualmente distribuída em toda área do Califórnia, proporcionando um resultado mais fiel à realidade do solo do perímetro de forma geral. Apesar da prática de irrigação intensiva no decorrer dos anos de operação do perímetro, os valores médios da condutividade elétrica do extrato de saturação do solo (CE_{es}) obtidos revelaram que o processo de acumulação de sais não foi significativo, tanto na camada superficial (0-0,20 m) quanto em subsuperfície (0,2 - 0,4 m). O autor justifica os resultados obtidos com base na qualidade da água da fonte hídrica, isso porque a água do Rio São Francisco apresenta baixo conteúdo salino, da ordem de $0,067 \text{ dS m}^{-1}$ (Holanda *et al.*, 2010). Outro aspecto relevante é a presença, na maioria dos solos do Califórnia, de um horizonte C formado por um manto de intemperismo (regolito), o que pode facilitar o escoamento do excesso de sais da zona radicular.

De Amorim *et al.* (2011) verificaram em sua pesquisa a eficiência de uso da água na irrigação do perímetro Califórnia em que mensurou o nível de atendimento da demanda hídrica

(NAD) das culturas em função do nível tecnológico (NT) do sistema de irrigação, em nove lotes, sendo 100% o valor ideal para o NAD. O autor constatou que o NAD das culturas foi menor do que o necessário em alguns lotes, entretanto, outros lotes apresentaram um NAD superior ao dobro necessário. Isso significa que as culturas dos lotes com NAD inferior ao necessário, provavelmente, sofreram déficit hídrico médio equivalente a 27%, enquanto os lotes que receberam um excesso de aplicação obtiveram um valor médio de 134% acima do requerido pelas culturas.

Além do desperdício, esse excesso pode contribuir para o escoamento superficial, que provoca erosão laminar e encharcamento nas áreas baixas do solo, bem como a lixiviação de nutrientes por percolação profunda. Pode, ainda, ocasionar acúmulo de sais na superfície do solo, a partir de processos de ascensão capilar e evaporação da água, o que pode prejudicar a qualidade do solo de alguns lotes. Entre os três níveis tecnológicos dos lotes amostrados, o menor desperdício de água foi observado para os lotes de maior nível tecnológico, que apresentou um valor médio de 23% de excesso de irrigação (Amorim *et al.*, 2011). Esse estudo evidenciou uma situação preocupante, relacionada à eficiência do uso da água no Perímetro Califórnia, sobretudo quando se pretende fazer um manejo de irrigação visando a economia de água e o uso sustentável dos recursos hídricos e de solo, que causa impacto direto no desenvolvimento sustentável do perímetro.

O aumento da produtividade nos perímetros irrigados pode acarretar impactos negativos devido ao uso excessivo de água, fertilizantes e defensivos agrícolas. Essas questões elucidam a urgência da adoção de práticas agrícolas sustentáveis, a fim de manter o equilíbrio ao atender a crescente demanda por água e alimentos, bem como as exigências ambientais (Bjornlund; Wheeler, 2014).

Os impactos causados pela agricultura irrigada em regiões áridas e semiáridas, onde a irrigação é uma prática essencial e indispensável, têm dificultado o desenvolvimento agrícola sustentável dessas regiões. Atualmente, a irrigação ocupa cerca de 35% do consumo de água agrícola em todo o mundo, a salinização secundária do solo é uns dos impactos induzidos por essa prática, a qual afeta a produção agrícola e o desenvolvimento sustentável das áreas de irrigação áridas em todo o globo (Wang *et al.*, 2022).

Outros autores abordam a problemática da salinização secundária em perímetros irrigados, Zhang (2023) discute a mudança no nível das águas subterrâneas, ocasionada pela irrigação mau conduzida, e como esta está atrelada à concentração salina no solo. Segundo Liu (2023), a salinização secundária de áreas irrigadas representa uma ameaça direta tanto ao desenvolvimento sustentável quanto à estabilidade ecológica em regiões áridas. Ainda de

acordo com autor, instalações inadequadas do sistema de drenagem resultam em um aumento significativo do lençol freático, o que ocasiona a salinização. Para realizar o desenvolvimento sustentável da produção agrícola, em áreas áridas e semiáridas, é essencial a adoção de um plano com tecnologias e práticas que minimizem os impactos causados pela irrigação.

Os recursos hídricos são os principais fatores que afetam o desenvolvimento sustentável dos distritos de irrigação. O estabelecimento de um modelo de gestão de recursos hídricos é essencial para realizar o desenvolvimento coordenado da água, da sociedade e da ecologia (Xing *et. al.*, 2021). Segundo o autor, a aplicação de recursos hídricos reaproveitados e o uso de tecnologias de alta eficiência em economia de água melhorou significativamente a eficiência de utilização de água da área irrigada, o que foi propício para o desenvolvimento sustentável do distrito de irrigação e a proteção ecológica dos rios.

1.4 Indicadores de sustentabilidade e método de mensuração em perímetros irrigados

A Organização da Cooperação e Desenvolvimento Econômico – OECD, define indicador como uma medida qualitativa ou quantitativa resultante de uma série de fatos observados que podem revelar informações sobre o estado de um fenômeno em uma determinada área (OECD, 1993).

Segundo Gallopin (1996) os indicadores mais visados são aqueles que resumem ou simplificam informações relevantes, explicitando os fenômenos que ocorrem na realidade e os tornando mais aparentes, este é um aspecto particularmente importante na gestão ambiental. Os indicadores simplificam essas informações com o intuito de ampliar a comunicação, isso faz com que fenômenos complexos se tornem mais fáceis de serem avaliados. Indicadores podem ser quantitativos ou qualitativos, alguns autores defendem que para monitorar o desenvolvimento sustentável deveriam ser adotados indicadores qualitativos, tendo em vista algumas limitações que indicadores puramente numéricos carregam. Entretanto, em alguns casos, avaliações qualitativas podem ser transformadas numa notação quantitativa (Van Bellen, 2002).

De acordo com Van Bellen (2002), os indicadores têm o objetivo fundamental de reunir e dimensionar informações, proporcionando uma percepção maior da sua relevância. Como dito anteriormente, os indicadores são responsáveis por facilitar o entendimento a respeito de informações sobre acontecimentos de grande complexidade, eles fazem um movimento de transformação dessas informações para facilitar o procedimento de comunicação. Vale ressaltar que indicadores devem ser determinados de forma clara, que indique os caminhos para a

avaliação, discussão e percepção da sustentabilidade (Fernandes, 2004; Van Bellen, 2002).

Para Gallopin (1996), um pré-requisito essencial para a utilização de sistemas de indicadores é a necessidade de que estes sejam compreensíveis. Por ser um meio de comunicação, os indicadores devem ser transparentes, e seus usuários devem ser estimulados a compreender seu significado. Dentro dessa perspectiva, o autor pontua que sistemas de indicadores de desenvolvimento devem ter alguns requisitos, sendo esses:

- Os valores dos indicadores devem ser mensuráveis (ou observáveis);
- Deve existir disponibilidade dos dados;
- A metodologia para a coleta e o processamento dos dados, bem como para a construção dos indicadores, deve ser limpa, transparente e padronizada;
- Os meios para construir e monitorar os indicadores devem estar disponíveis, incluindo capacidade financeira, humana e técnica;
- Os indicadores ou grupo de indicadores devem ser financeiramente viáveis;
- Deve existir aceitação política dos indicadores no nível adequado;
- Indicadores não legitimados pelos tomadores de decisão são incapazes de influenciar as decisões.

Desse modo, para o autor, os indicadores de sustentabilidade podem ser considerados o principal componente da avaliação do progresso em relação a um desenvolvimento dito sustentável. Dadas as diferentes interpretações acerca do que é desenvolvimento sustentável, um consenso deve ser alcançado na maioria das questões críticas que afetam a sustentabilidade das comunidades inseridas no processo, bem como estabelecer prioridades, objetivos e cronogramas.

A elaboração de indicadores e suas modificações pode ocorrer pela abordagem top-down e bottom-up (Lahtinen *et al.*, 2014). Os indicadores construídos a partir da abordagem top-down advêm de processos políticos selecionados a partir do conhecimento de especialistas e pesquisadores, e são aplicados nas tomadas de decisões em nível macro (Feil e Schreiber, 2019). Abordagens top-down como sendo de grande escala, muitas vezes dependentes de dados agregados e secundários, apresentam indicadores desenvolvidos por terceiros, menos interessados na representatividade a nível local (Firchow; Ginty, 2017).

Analisando-se a abordagem top-down, percebe-se que sua fragilidade compreende a perda de questões críticas em nível local, ou seja, comunidades locais. Por sua vez, os indicadores com abordagem bottom-up são levantados com a participação sistemática de diversos stakeholders locais, ou seja, em nível micro, levando em consideração as adversidades

locais (Feil; Schreiber, 2019). Os indicadores bottom-up operam a nível local em sociedades afetadas por conflitos, como dito anteriormente, estão em consonância com os aspectos locais e sociais. A abordagem bottom-up é indutiva, localizada e possivelmente proveniente da comunidade (Firchow; Ginty, 2017).

A abordagem bottom-up enfatiza a importância de abranger o contexto local e suas necessidades especiais, o que permite que as comunidades locais participem da seleção, coleta e do monitoramento dos indicadores de sustentabilidade (Feil; Schreiber, 2019). Os indicadores selecionados pelas comunidades contam uma narrativa das questões que são relevantes para essas comunidades, muitas vezes expressas de maneira que não corresponde precisamente às categorias acadêmicas ou políticas normalmente utilizadas. Como tal, fornecem informações úteis, mas também sobre os problemas da utilização de indicadores top-down (Firchow; Ginty, 2017).

No contexto das comunidades inseridas em regiões cujo seu desenvolvimento tem como elemento essencial a utilização de recursos hídricos, a aplicação de indicadores de uso e gestão dos recursos hídricos é essencial para auxiliar uma melhor alocação deste recurso finito, além de auxiliar em processos decisórios. Contudo, para a sua formulação, não só deverá ser considerada uma abordagem tecnológica, mas também devem ser incluídos os aspectos ambientais, sociais, institucionais e econômicos relacionados para a sustentabilidade. Alguns autores (Juwana *et al.*, 2012; Spangenberg, 2008; McCool; Stankey, 2004) mencionam que as discussões sobre os conceitos de desenvolvimento sustentável e preocupações ambientais têm levado a uma extensa e intensa aplicação de indicadores por uma ampla gama de usuários, em diversos contextos.

Devido a isso, a agregação de uma variedade de indicadores pode auxiliar na interpretação da realidade de um sistema, como de um perímetro irrigado, a partir da aplicação de algumas ferramentas, como o índice de sustentabilidade, que permite refletir sobre a realidade das alterações sofridas pelo ambiente em decorrência da agricultura irrigada, como é o caso dos perímetros irrigados.

A agricultura irrigada, combinada à produção das *commodities* representa um modelo de produção de alimentos que atinge diversos ecossistemas e gera grandes impactos ambientais, além de resultar em alterações climáticas locais por provocar mudanças na regulação de temperatura e umidade. Estas alterações provocadas pela expansão da produção das grandes culturas colocam em risco a sustentabilidade do setor, por consequência dos impactos que afetam diretamente as bacias hidrográficas das regiões (Zortea; Maciel; Passuello, 2018; Ayala *et al.*, 2016).

Em sua pesquisa Pires (*et al.*, 2017), identificaram indicadores relacionados ao uso e gestão da água, seguindo um critério de sustentabilidade que envolve componentes sociais, econômicos, ambientais e institucionais, a partir de uma abordagem sistêmica. Os critérios de sustentabilidade anteriormente descritos, segundo os autores, foram baseados no trabalho de um painel internacional de especialistas de países ibero-americanos. Os autores constataram que dentre os 170 indicadores identificados, apenas 24 atendem aos critérios de sustentabilidade, o que evidenciou que a maioria dos indicadores de uso e gestão da água reflete a visão limitada convencional de não considerar a multidimensionalidade da sustentabilidade. Segundo o Programa mundial de avaliação da água (WWAP, 2009), a utilização de indicadores que integram critérios de sustentabilidade é uma ferramenta fundamental para identificar e monitorar problemas hídricos, definir soluções e avaliar os avanços ou falhas de políticas públicas, planos e programas.

A utilização de indicadores que permitam investigar a sustentabilidade local faz parte de um sistema de monitoramento da sustentabilidade. Dentro da perspectiva desenvolvida em diversos trabalhos, o sistema de monitoramento da sustentabilidade utilizado gera um índice de sustentabilidade. O objetivo principal da aplicação de um método de índice de sustentabilidade é proporcionar uma compreensão do nível de sustentabilidade daquilo que está sendo avaliado. Dessa forma, podem ser implementadas medidas para aprimorar esse nível ou mantê-lo, se for considerado ideal (Rabelo; Lima, 2007).

Dentre alguns métodos existentes, o gráfico tipo radar distingue-se por trata-se do cálculo da magnitude da área do polígono formado pela plotagem dos valores dos indicadores nos eixos do gráfico. Este método foi aplicado inicialmente por Calorio (1997) na construção de índices para análise de sustentabilidade em estabelecimentos agrícolas familiares. A autora apresenta o procedimento para a construção de índices de forma didática, através do uso do gráfico radar, cuja área específica do polígono quantifica o impacto positivo ou negativo que afeta a região e define um índice de sustentabilidade.

A metodologia proposta por Calório (1997), consiste em que cada eixo do gráfico corresponda a um indicador, em que, por meio do cálculo da área dos triângulos formados pelos vértices de cada variável que compõem o conjunto das dimensões, é possível padronizá-los e a soma destes determinará um índice. Cada eixo do gráfico representa um indicador das dimensões que serão trabalhadas na pesquisa, como por exemplo a econômica, ambiental, social, técnica, política, institucional, entre outras.

Quanto maior a área do triângulo formado pelos vértices do gráfico radar, maior a sustentabilidade do indicador ou quanto maior a área ocupada no gráfico radar, que demonstra

equilíbrio entre os indicadores utilizados, maior o índice de sustentabilidade das dimensões avaliadas, além de favorecer uma dinâmica que possibilita avaliar a relação entre todas as variáveis pesquisadas (Sattler, 2013; Bonfim, 2013). Essa metodologia tem a vantagem de possibilitar a representação do conjunto de indicadores mensurados em um único diagrama, que passarão por um processo de padronização, a fim de adquirirem o mesmo peso relativo na composição do índice.

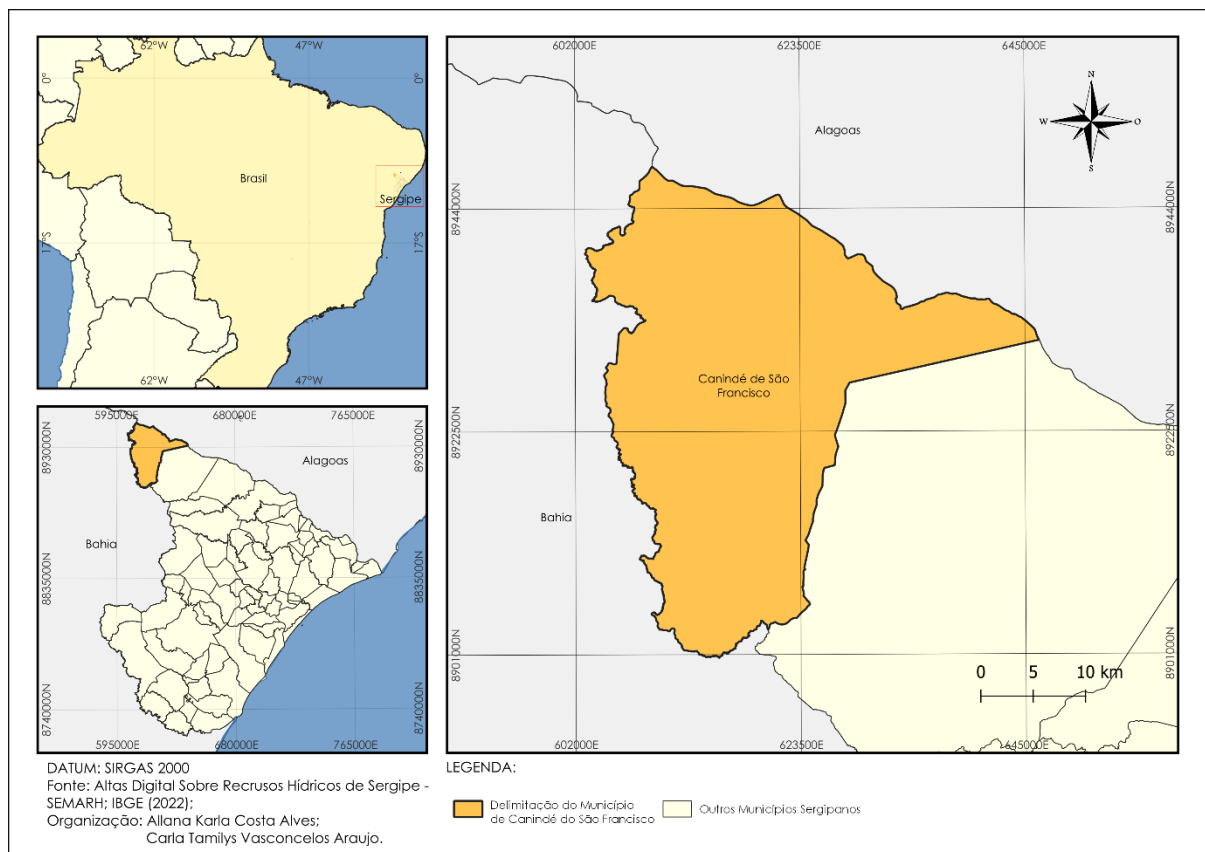
A utilização da metodologia de Calorio (1997) para determinar um índice de sustentabilidade em perímetros irrigados, com base em indicadores das dimensões ambiental, social e econômica, apresenta a vantagem de possibilitar a apresentação de um amplo conjunto de indicadores mensurados para um determinado sistema em um único diagrama, o gráfico de radar, sem levar em consideração as unidades de medida dos diferentes indicadores utilizados. A determinação do índice de sustentabilidade em ambientes com agricultura irrigada é fundamental para compreender os possíveis conflitos pelo uso da água em ocorrência no local, bem como alertar sobre a necessidade de monitoramento das áreas mais afetadas pela sua escassez ou aplicação inadequada.

2 MATERIAL E MÉTODOS

2.1 Recorte espacial e caracterização da área de estudo

O Perímetro Irrigado Califórnia (9° 39' e 9° 44' S, 37° 45' e 37° 51' W) localiza-se no município de Canindé de São Francisco, Mesorregião do Alto Sertão Sergipano e extremo noroeste do Estado de Sergipe, fazendo parte da bacia hidrográfica do São Francisco, distando 213 km da capital Aracaju (CODERSE, 2024).

Figura 1 - Mapa da localização município de Canindé de São Francisco.



Os solos predominantes na área do perímetro são Luvisolos Crômicos, os quais se encontram em 32% da área, Vertissolos (14%) e Neossolos (20%) (Resende *et al.*, 2014). A classificação climática, segundo Köppen, é do tipo Bswb, clima muito quente, semiárido, com regime de chuvas concentrado entre os meses de abril, maio e junho. A precipitação pluviométrica média anual da região é de 483,9 mm e a temperatura média do ar é 26 °C, com mínimas mensais variando entre 18 e 22 °C e máximas mensais entre 28 e 34 °C (Cavalcanti *et al.*, 2006).

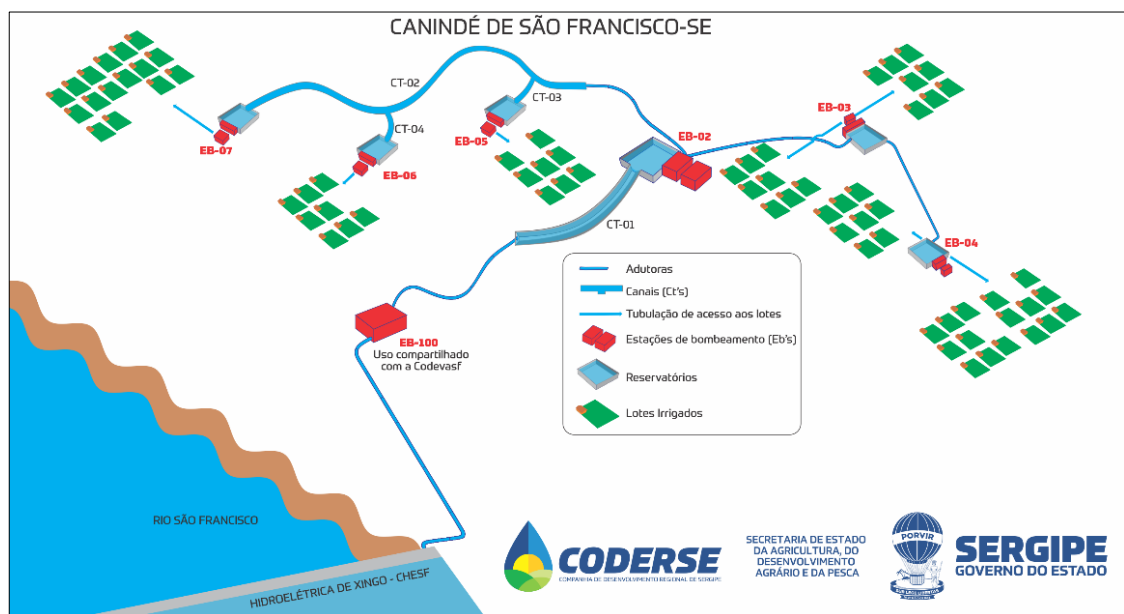
O projeto público Califórnia está em operação desde ano 1987 e possui uma área de 3980 hectares, sendo 1360 hectares destinados à área irrigada, 676 hectares como área de

preservação ambiental e 1830 hectares destinados à agricultura de sequeiro. O perímetro possui 373 lotes, sendo 293 destinados para a agricultura familiar, 19 para lotes empresariais e 61 lotes de sequeiro, com um público beneficiado de 1665 pessoas (Sergipe, 2004). De acordo com dados publicados pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE, 2010), o Índice de Desenvolvimento Humano Municipal de Canindé de São Francisco é de 0,567, caracterizado como baixo, sendo inferior ao do Estado de Sergipe, que é de 0,665.

Nas áreas irrigáveis, a tecnologia de irrigação utilizada é método de irrigação por aspersão, o sistema é alimentado com a água captada no Rio São Francisco, através da estação de bombeamento EB-100, sendo esta de uso compartilhado com o projeto de irrigação Jacaré-Corituba, administrado pela CODEVASF. A vazão total do sistema de irrigação é de $5600 \text{ m}^3 \text{ h}^{-1}$, contando com 6 reservatórios e uma extensão de adutoras e canais de 7,8 km, o sistema de distribuição e irrigação é feito através de seis Estações de Bombeamento, sendo uma de distribuição e cinco de pressurização, através de 67 conjunto motobomba, com potencias variando entre 25 e 250 CV. Pode-se observar na Figura 2 um esboço dessas instalações.

Com relação à demanda de água nos lotes, a dotação de água estabelecida na criação do projeto executivo do perímetro para os lotes de colono foi de $17,1 \text{ m}^3 \text{ h}^{-1}$, o que corresponde ao funcionamento simultâneo de 17 aspersores do modelo especificado para o projeto. Para os lotes empresariais esse valor foi de $70 \text{ m}^3/\text{h}$. As principais culturas exploradas são abóbora, acerola, aipim, feijão de corda, goiaba, hortaliças, milho, quiabo e sorgo (CODERSE, 2024).

Figura 2 - Ilustração das instalações e posições dos canais e estações de bombeamento do perímetro Califórnia.



Fonte: CODERSE (2024).

2.2 Método de abordagem

O método adotado para esta pesquisa foi o hipotético-dedutivo, proposto por Karl Popper, que consiste em observar as lacunas do conhecimento com a finalidade de criar hipóteses que possam ser testadas, a fim de comprovar ou negar as hipóteses levantadas. Ademais, a pesquisa é de natureza aplicada, cujo principal objetivo é a geração de conhecimentos aplicáveis, para atuação prática na resolução dos problemas em ocorrência na área estudada.

Em função dos objetivos propostos, a pesquisa teve uma abordagem quantitativa e qualitativa, visto que foi aplicado um índice de sustentabilidade que envolve questões de diversas naturezas. Foram trabalhados dados estatísticos, quantitativos, bem como haverá a análise de questões de caráter qualitativo, visto que a investigação dessa pesquisa envolve questões não mensuráveis para a formulação da análise quanto aos aspectos locais.

Para responder ao problema de pesquisa, e com vistas a atender aos objetivos específicos, foram estabelecidas algumas questões, expostas no Quadro 4.

Quadro 4 - Objetivos e questões de pesquisa.

AVALIAÇÃO DA SUSTENTABILIDADE NO PERÍMETRO CALIFÓRNIA	
Objetivos	Questões de pesquisa
Geral	
Determinar o índice sustentabilidade do perímetro irrigado Califórnia/SE.	1. Qual o fator limitante para a manutenção da sustentabilidade no Perímetro Irrigado Califórnia?
Específicos	
Selecionar um conjunto de indicadores de sustentabilidade para a avaliação do sistema nas dimensões social, econômica, ambiental e técnica;	2. Quais indicadores são essenciais para o monitoramento do objeto de estudo?
Mensurar os indicadores de sustentabilidade na área de estudo;	3. De que forma ocorre a manutenção da sustentabilidade no perímetro Califórnia?
Avaliar a integração entre as relações sociais, ambientais e econômicas em ocorrência no perímetro;	4. O desenvolvimento atual da região está sendo acompanhado pela integração do bem-estar social, redução da degradação ambiental e desenvolvimento econômico?
Classificar o nível de sustentabilidade do perímetro a partir da metodologia de Calório (1997) adaptada por Faccioli e Gomes Filho (2021).	5. A classificação do índice de sustentabilidade facilitará a gestão, planejamento, execução e monitoramento das ações socioambientais?

Fonte: elaborado pela autora, 2025.

2.3 Procedimentos metodológicos

Para a presente pesquisa foi realizada uma investigação preliminar, em novembro de 2023, a fim de buscar informações básicas a respeito da área de estudo, bem como os pontos críticos, sob a ótica dos atores sociais, a partir de conversas informais, e das observações da pesquisadora. Essa primeira etapa metodológica corresponde à uma das fases do primeiro objetivo específico, que por sua vez foi realizada com a finalidade de coletar informações primárias que serviram como piloto para as etapas seguintes, de seleção dos indicadores e formulação dos questionários que serão aplicados com os irrigantes.

A segunda etapa do primeiro objetivo foi a seleção dos indicadores pretendidos, que a princípio foi realizada após a visita preliminar em campo, que serviu de embasamento para elencar as fragilidades, potencialidades e pontos críticos do sistema.

Para esse levantamento, foram levados em consideração os problemas relatados, a legislação ambiental brasileira e bibliografias que abordam a gestão sustentável em distritos de irrigação. Os indicadores levantados foram levados em consideração para formular o questionário aplicado aos agricultores.

Para atingir a primeira etapa do segundo objetivo, foi realizada a aplicação de questionário (Apêndice A) composto por perguntas abertas e fechadas, após aprovação do Comitê de Ética em Pesquisa, sob o CAAE N° 77180924.1.0000.5546. O universo da pesquisa abrangeu os 260 lotes dos pequenos agricultores irrigantes do perímetro, em que foi calculado uma amostra no total de 55 entrevistados. Na sequência, a segunda etapa do segundo objetivo foi a aplicação do índice de sustentabilidade.

Com a finalidade de garantir que todos os direitos dos sujeitos envolvidos na pesquisa fossem garantidos e respeitados, foi entregue o Termo de Consentimento Livre e Esclarecido – TCLE (Apêndice B), em duas vias, no momento da aplicação dos questionários, em forma de convite para participar da pesquisa. O termo em questão explica os objetivos da pesquisa, a garantia da identidade preservada e o direito de abandonar a participação quando desejar, sem nenhum prejuízo atribuído. Portanto, a identidade dos entrevistados que aceitaram participar do desenvolvimento dessa pesquisa não será revelada. O documento foi assinado por pessoas com idade superior aos 18 anos, e todas as páginas contém a rubrica do entrevistado e da pesquisadora. Ademais, as duas vias do TCLE foram assinadas, tanto pelo entrevistado quando pela pesquisadora responsável, ambos ficaram com o documento.

A metodologia também contou com o levantamento bibliográfico de materiais relevantes que contribuam para o enriquecimento da temática abordada, por meio de artigos,

teses, dissertações e livros através da plataforma Cafe, base de dados da *Web of Science*, assim como a Biblioteca Digital Brasileira de Teses e Dissertações (BDTD) e o *Google Scholar*, aplicando-se inicialmente o filtro temporal de trabalhos publicados entre os anos 2018-2024. Foram utilizados também documentos oficiais do Governo, como o projeto inicial do perímetro e demais materiais publicados no site oficial da CODERSE.

Inicialmente, para auxiliar o levantamento bibliográfico foram utilizados alguns filtros de busca:

- ✓ Palavras-chave combinadas:
 - Sustentabilidade + perímetro irrigado;
 - Sustentabilidade + agricultura irrigada;
 - Políticas públicas + agricultura irrigada;
 - Desenvolvimento sustentável + distrito de irrigação;
 - Desenvolvimento sustentável + semiárido
 - Perímetro Irrigado Califórnia;
 - Indicadores de sustentabilidade + perímetro irrigado;
 - Índice de sustentabilidade + Calorio;
- ✓ Recorte temporal prioritário: 2018 a 2024;
- ✓ Seleção de artigos do tipo Open Access;
- ✓ Preferência por artigos publicados em revistas da área de Ciências Ambientais;
- ✓ Idioma de pesquisa: inglês, português e espanhol;
- ✓ Emprego de operadores booleanos: “AND”; “OR”; “NOT”.

2.4 Identificação preliminar dos pontos críticos do sistema

Esta primeira etapa se fez importante para determinar os processos em ocorrência na área de estudo, além dos aspectos, que impedem a sustentação do sistema ao longo do tempo. Os problemas enfrentados pela comunidade da região são de naturezas diversas, o que exige a existência de um poder de síntese para representar todos.

O objetivo desta etapa foi conhecer melhor a área de estudo, as complexidades envolvidas dentro do sistema e os conflitos. Esta foi uma etapa importante, como citado no tópico anterior, para auxiliar a escolha dos indicadores, elaboração dos questionários (Apêndice A), e levantamento dos pontos críticos.

Foram identificados problemas relacionados aos temas: pressão antrópica, condição de

vida dos agricultores, agricultura irrigada e ações governamentais.

2.5 Seleção das dimensões da sustentabilidade

A escolha das dimensões social, ambiental, econômica se deu através da necessidade de apresentar as características e particularidades de um sistema de produção agrícola como o perímetro público de irrigação. Sendo este um sistema que há décadas apresenta problemáticas com relação ao seu desenvolvimento, impactos socioambientais, econômicos e de gestão dos recursos hídricos disponibilizados, ocasionados pela má gestão pública.

Os sistemas de distribuição de água estão diretamente relacionados aos conceitos de sustentabilidade, em todas as suas dimensões. Além do aspecto ambiental, outras dimensões da sustentabilidade estão associadas à água, como a social e a econômica, com o intuito de proporcionar melhor qualidade de vida para a população. Diante dos desafios enfrentados no setor agrícola, é essencial adotar ferramentas que auxiliem na gestão eficaz desses sistemas.

2.6 Critério de seleção dos indicadores

Para selecionar os indicadores de sustentabilidade que pretendeu-se utilizar, das dimensões ambiental, social, econômica e técnica, a coleta de dados foi proveniente de diversas fontes, sendo elas: fontes bibliográficas, aplicação de questionários com agricultores irrigantes, dados do último Censo Demográfico do IBGE (2022), relatórios técnicos de desempenho das instalações do perímetro, disponibilizados pela empresa gestora.

Os dados ambientais selecionados para mensuração dos indicadores ambientais foram: qualidade da água, áreas de preservação ambiental, monitoramento do solo e uso de agroquímicos.

Dados sociais que serviram para mensuração dos indicadores foram associados à equidade social e saúde pública, como por exemplo: grau de instrução, serviços públicos, assistência técnica, organização social e uso de EPI.

Os dados econômicos utilizados para mensuração dos indicadores econômicos foram: comercialização dos produtos, planejamento econômico, fonte de renda e renda familiar (Quadro 5).

Quadro 5 - Seleção dos indicadores pretendidos.

Dimensões	Sigla	Indicadores
Ambiental	IA1	Qualidade da água
	IA2	Áreas de preservação ambiental
	IA3	Monitoramento do solo
	IA4	Uso de agroquímicos
	IA5	Manejo de irrigação
Social	IS1	Grau de instrução
	IS2	Serviços públicos
	IS3	Assistência técnica
	IS4	Organização social
	IS5	Uso de EPI
Econômica	IE1	Comercialização dos produtos
	IE2	Planejamento econômico
	IE3	Fonte de renda
	IE4	Renda familiar

Fonte: elaborado pela autora, 2025.

2.7 Mensuração dos indicadores

A mensuração dos indicadores foi realizada a partir da análise das respostas dos questionários e de dados secundários. A técnica da aplicação dos questionários com perguntas abertas e fechadas, aliada a observação direta como fonte de dados primários, permitiu produzir uma melhor amostragem do objeto de estudo e da população de interesse. O uso das fontes secundárias permitiu a obtenção de informações sobre a localidade em que foi realizado o diagnóstico, de modo a obter uma visão global da região.

Seguindo a metodologia de Faccioli e Gomes Filho (2021), foi calculado para cada indicador um percentual de cada resposta obtida, dividindo a quantidade de respostas pelo total de entrevistados, em seguida foi calculada uma média ponderada dos percentuais, em função do número de respostas, e número total de entrevistados. Este procedimento se fez necessário para que o indicador apresentasse um único valor quantitativo.

Cada indicador apresentou duas possibilidades de resposta, estas foram consideradas como sustentável ou insustentável. Quando o percentual da resposta considerado insustentável foi maior que 50%, o cálculo final da média ponderada foi ajustado, ou seja, a média ponderada final foi: 100% menos o valor da média ponderada calculada inicialmente. Este procedimento foi realizado porque um indicador considerado insustentável deve apresentar uma média ponderada final inferior à 50%, para que possa ser comparado com os outros e não indique uma condição de sustentabilidade, ou seja, maior que 50%.

No que se refere aos Indicadores Ambientais, IA1 foi considerado sustentável se o IQA estiver compreendido entre as faixas consideradas boa ($51 < 79$) ou ótima ($79 < 100$), segundo a classificação da Companhia Ambiental do Estado de São Paulo (CETESB). Para o IA2 foi considerado sustentável se a área de preservação ambiental compõe uma área igual ou superior à 20% da área total do perímetro. Para o IA3 foi considerado sustentável se o agricultor realizou duas ou mais análises de solo, com relação ao IA4, foi considerado como sustentável seguir os protocolos de limpeza e devolução das embalagens dos agroquímicos utilizados, segundo as instruções do fabricante. Para o IA5 foi considerado sustentável se o agricultor segue as recomendações dos técnicos de campo com relação à lâmina d'água a ser aplicada na irrigação.

Com relação aos Indicadores Sociais, o IS1 foi considerado como sustentável se o agricultor tiver algum dos seguintes níveis de escolaridade: pós-graduação, superior completo, superior incompleto, médio completo. Para IS2, foi considerado sustentável se a população de irrigantes tiver acesso à serviços de saneamento básico. Para IS3 foi considerado sustentável se o agricultor tiver acesso à serviços de Assistência Técnica e Extensão Rural (ATER). Para IS4 foi considerado sustentável se o agricultor fizer parte de cooperativa ou associação. Com relação ao IS5, foi considerado sustentável se os equipamentos de proteção individual (EPI) são utilizados no momento da aplicação dos agroquímicos.

Para os Indicadores Econômicos, em relação ao IE1 foi considerado sustentável se o agricultor comercializa seus produtos das seguintes maneiras: venda por meio da cooperativa, venda direta dos produtos em feiras. Para o IE2, foi considerado sustentável se o agricultor realiza o planejamento econômico da propriedade rural. Para o IE3 foi considerado como sustentável se o agricultor indicar que a principal fonte de renda é proveniente da atividade agrícola, podendo ser complementada por aposentadoria e salário. Com relação ao IE4 foi considerado sustentável se a renda familiar estiver compreendida entre as seguintes faixas: 3 a 4, 4 a 5, acima de 5 salários mínimos.

2.8 Cálculo do índice de sustentabilidade

Para chegar a um índice que reflita a realidade local, a metodologia adotada foi a proposta por Calorio (1997), o índice é obtido a partir do cálculo do valor da área gerada pelas variáveis quando plotadas em um gráfico do tipo radar, ou seja, a área é o valor do índice. Cada eixo do gráfico representa um indicador, que por sua vez serão das dimensões econômica, ambiental, social e técnica. Propõe-se o uso de gráficos do tipo radar para uma melhor visualização dos resultados, em relação às dimensões da sustentabilidade definidas. Esse tipo

de gráfico permite uma visualização clara das informações, facilitando a comparação de sistemas, além de possibilitar a análise das relações sociais, econômicas, ambientais e técnicas em diferentes níveis de abrangência, tornando a interpretação mais acessível.

Essa metodologia tem a vantagem de possibilitar a representação do conjunto de indicadores mensurados em um único diagrama, sem levar em consideração as unidades de medida, já que essas passarão por um processo de padronização, a fim de adquirirem o mesmo peso relativo na composição do índice.

Calorio (1997) recomenda os seguintes passos: (1) Transformação dos valores dos indicadores em valores z: tem o intuito de padronizar os valores dos indicadores para vp_n , eliminando os efeitos de escala e de unidade de medida, tendo em vista que representam indicadores diferentes, o que assegura que cada um deles tenha o mesmo peso relativo na determinação do índice:

$$Vp_n = \frac{5 + (X_n - \bar{X})}{S}$$

Em que Vp_n corresponde ao valor do indicador n padronizado; x_n ao valor original do indicador n ; $\bar{X}$ valor médio dos indicadores; S = desvio-padrão para todos os indicadores; e 5 refere-se à constante empregada por Calorio (1997);

(2) A obtenção do ângulo formado entre dois indicadores adjacentes:

$$\alpha = \frac{360}{N} \times \frac{\pi}{180}$$

Em que α representa o ângulo formado entre dois indicadores, em radianos; N é número total de indicadores; e $\pi/180$ fator de transformação de graus em radianos; (3) Cálculo da área de cada triângulo identificado no gráfico (S_n), a partir do valor padronizado de dois indicadores adjacentes e do ângulo definido no passo anterior (2):

(3.1) obtenção do lado desconhecido do triângulo:

$$d_n = \sqrt{(vp_n)^2 + (vp_{n+1})^2 - 2x(vp_n \times vp_{n+1}) \times \cos \alpha}$$

Em que d_n refere-se ao lado desconhecido do triângulo; vp_n e vp_{n+1} aos valores padronizados dos indicadores n e $n+1$; e α ao ângulo formado entre dois indicadores.

(3.2) cálculo do semiperímetro do triângulo:

$$p_n = \frac{vp_n + vp_{n+1} + d_n}{2}$$

Em que p_n refere-se ao semiperímetro do triângulo n ; vp_n , vp_{n+1} e d_n correspondem aos lados do triângulo.

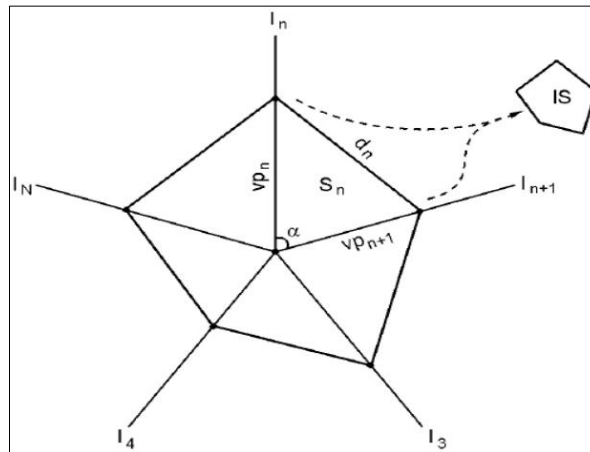
(3.3) Cálculo da área do triângulo:

$$S = \sqrt{p_n(p_n - vp_n) \times (p_n - vp_{n+1}) \times (p_n - d_n)}$$

(4) Cálculo do índice de sustentabilidade:

$$IS = \sum_{n=1}^N S_n$$

Figura 3 - Gráfico tipo radar, utilizado para gerar o índice de sustentabilidade (Calorio, 1997).



Fonte: Calorio, 1997. In - indicadores, α - ângulo formado entre as linhas de comprimento de dois indicadores adjacentes, vp_n - valor padronizado do indicador e S_n - área do triângulo n .

Faz-se necessário destacar nesse ponto que Calório (1997) acrescentou a constante 5 à fórmula de Vp_n para obter valores z , com vistas a evitar valores padronizados iguais a zero, caso o valor de um indicador venha a ser igual à média de todos, mas, poderia ter sido utilizada qualquer outra constante.

2.9 Cálculo amostral

O tamanho da amostra representativa da população a ser analisada foi determinada a partir da ferramenta Survey Monkey, aplicando-se a seguinte equação:

$$\text{Tamanho da amostra} = \frac{\frac{z^2 \times p(1-p)}{e^2}}{1 + \left(\frac{z^2 \times p(1-p)}{e^2 N} \right)}$$

Em que N (tamanho da população) = número de lotes irrigados; e (margem de erro) = 0,10; z (grau de confiança) = 0,90. O valor de N foi estabelecido a partir do levantamento da quantidade atual de lotes irrigados em operação no perímetro (universo da pesquisa). Atualmente, este número é de 260 lotes irrigados, de pequenos agricultores. O tamanho da amostra calculado é de 55 lotes irrigantes para participar da pesquisa.

2.10 Classificação da sustentabilidade

Após as etapas de cálculos descritas anteriormente, tendo em posse o valor do índice de sustentabilidade (IS) gerado na etapa metodológica correspondente ao segundo objetivo específico, foi realizada uma análise comparativa, ou seja, quanto maior o IS maior a sustentabilidade do perímetro. Esta etapa correspondeu ao terceiro objetivo específico, o de classificação do índice de sustentabilidade do perímetro. Com a intenção de elucidar o resultado obtido, os valores do índice foram variados em cinco intervalos entre 0 e 100 (Tabela 1):

Tabela 1 - Classificação do nível de Sustentabilidade.

Índice (0-1)	Nível de sustentabilidade
$80 < IS \leq 100$	Ideal
$60 < IS \leq 80$	Bom
$40 < IS \leq 60$	Regular
$20 < IS \leq 40$	Ruim
$0 < IS \leq 20$	Péssimo

Fonte: Elaborado pela autora, 2025.

2.11 Tratamento dos dados

Tendo em vista que o valor do índice de sustentabilidade é uma variável quantitativa, a tabulação e o tratamento dos dados quantitativos levantados foram realizados em planilhas eletrônicas, com o auxílio do *software* Excel. Os dados foram organizados em planilhas e foi feito o cálculo dos índices dos indicadores, além da organização da ordem dos indicadores

representativos, nas dimensões definidas, o que facilitou a interpretação dos dados e permitiu avaliar a integração dos fenômenos.

Calculados os indicadores ambientais, sociais e econômicos, além do índice geral de sustentabilidade e sua respectiva classificação, foram gerados os respectivos gráficos do tipo radar para cada dimensão, além do gráfico geral, para melhor visualização do desenvolvimento do perímetro nas diferentes dimensões da sustentabilidade.

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1 Situação do perímetro irrigado Califórnia

Através da visita preliminar realizada em novembro de 2023, foi possível identificar alguns dos problemas em ocorrência na área de estudo, o que permitiu a visualização dos pontos críticos da localidade (Quadro 6). As informações foram coletadas diretamente com o gestor do perímetro, durante uma conversa com o intuito de fazer um levantamento de informações atuais da área. Além da conversa, houve a realização de visitas às estações de bombeamento, lote de alguns produtores e uma caminhada transversal no entorno dos canais de distribuição.

Quadro 6 - Pontos críticos observados através da visita preliminar à área de estudo.

Temas	Pontos críticos
Pressão Antrópica	- Moradias irregulares no entorno do canal principal; - Furtos de água; - Demanda hídrica; - Conflitos políticos; - Supressão vegetal; - Água para consumo humano;
Condição de Vida	- Escolaridade; - Saneamento básico; - Habitação;
Agricultura Irrigada	- Conflito hídrico; - Presença de atravessador; - Qualidade química do solo (salinização); - Assoreamento dos sistemas de drenagem; - Disponibilidade hídrica para irrigação; - Contaminação da água; - Uso negligente de agroquímicos; - Condução irregular da irrigação;
Ações Governamentais	- Insuficiência de profissionais capacitados para atuar no perímetro; - Insuficiência de assistência técnica e projetos de extensão; - Falta de manutenção das estruturas físicas dos canais; - Falta de manutenção das estações de bombeamento; - Negligência com o monitoramento das áreas de preservação ambiental; - Capacitação e desenvolvimento do produtor; - Dificuldade em aderir e executar projetos de educação e gestão ambiental.

Fonte: elaborado pela autora, 2025.

Faz-se importante ressaltar que os pontos críticos apresentados no Quadro 6, aliados aos atributos principais de sustentabilidade definidos nesse trabalho, como uso eficiente dos recursos naturais, qualidade de vida da população relacionada à saúde, educação e moradia,

além de gestão de finanças, viabilidade e escoamento da produção, serviram para nortear a seleção dos indicadores que compõem o presente estudo. A abordagem adotada, de levantamento de pontos críticos para posterior escolha dos indicadores fez-se importante para permitir visualizar as principais problemáticas em ocorrência na região, a fim de fazer uma escolha mais assertiva dos indicadores, que permitisse refletir a realidade do perímetro. Outros trabalhos também utilizaram essa abordagem, como o de Nhampossa (2015), em sua pesquisa sobre Indicadores de Sustentabilidade do Perímetro Irrigado de Betume/SE, e Foppel (2018) em sua pesquisa sobre a Determinação de um Índice de Sustentabilidade no Estuário do Rio Vaza-Barris, litoral sul do estado de Sergipe.

A visita às estações de bombeamento, bem como ao entorno dos canais de distribuição permitiu verificar as irregularidades em ocorrência no perímetro. Foram verificados furtos de água por propriedades que estão fora do projeto Califórnia, estruturas do canal principal danificadas (Figura 4), residências situadas em cima do canal, o que configura uma situação de moradias irregulares, bem como carros estacionados sobre o canal, além de problemas nos sistemas de irrigação de alguns lotes.

Figura 4 - Vazamento irregular no extravasor do canal principal.



Fonte: elaborado pela autora, 2025.

Foi verificado no primeiro extravasor do canal principal um vazamento, em que a água

estava sendo conduzida para um reservatório dentro da propriedade, para uso em agricultura e pecuária (Figura 5). A propriedade em questão não está inserida dentro do projeto do perímetro irrigado. Vale ressaltar que, além do vazamento, esta parte do canal está sem a devida cobertura de concreto, após um acidente com um caminhão que ocorreu no local.

Figura 5 - Abastecimento irregular de reservatório em propriedade fora do projeto Califórnia.



Fonte: elaborado pela autora, 2025.

Essa realidade evidencia um grande problema na gestão dos recursos hídricos do projeto público de irrigação, uma vez que essa situação perdura há anos. Esta por sua vez, se configura como um problema uma vez que há um ponto de saída de água não previsto no projeto original.

Como a vazão do canal principal é calculada para atender a demanda específica do perímetro, qualquer retirada adicional reduz a disponibilidade de água para os usuários regulares. Essa situação pode vir a ocasionar incerteza hídrica aos produtores, potencializando os conflitos (Rodrigues; Torres, 2015). Ademais, os danos estruturais causados ao extravasor, com o passar do tempo, pode haver erosão da fundação, devido à retirada contínua de água, e comprometimento da sua capacidade de controle da vazão.

Diversas residências situadas no entorno do canal realizam a prática de retirada de água por meio de bombas, que succionam a água do canal principal para dentro de suas propriedades (Figura 6). Além de propriedades agrícolas, as propriedades residenciais do local fazem uso dessa prática, o que pode ser prejudicial para o atendimento da demanda hídrica do projeto, o que corrobora para a discussão anterior.

Figura 6 - Pontos de furtos de água por meio de canos inseridos no canal principal.



Fonte: elaborado pela autora, 2025.

Devido ao tráfego irregular de veículos sobre a estrutura de cobertura do canal principal, ocorreu um acidente em um determinado ponto de sua extensão, que ocasionou danos à sua estrutura e atualmente encontra-se sem cobertura (Figura 7).

Figura 7 - Parte danificada do canal, sem a devida cobertura e reparo da estrutura.



Fonte: elaborado pela autora, 2025.

Em virtude da falta de proteção, percebida em alguns pontos da extensão do canal, o local oferece perigo constante para a população residente do entorno.

Quanto à situação de moradias irregulares, foram verificadas moradias construídas sobre

as estruturas do canal principal, além de utilizarem a cobertura do canal como calçada e garagem (Figura 8), esta situação foi percebida em mais de um ponto do entorno do canal.

Figura 8 - Construção irregular sobre a estrutura do canal principal.



Fonte: elaborado pela autora, 2025.

Embora esses fatos ocasionados sejam de conhecimento público, como demonstrado anteriormente, até o presente momento nenhuma atitude efetiva foi de fato tomada. Costa (2015) relatou em sua pesquisa a reclamação dos entrevistados a cerca dos canais abertos, em que ocorre um elevado índice de poluição das águas, com destaque para os canais que atravessam a zona semiurbana da sede de Canindé do São Francisco, acarretando em problemas de saúde para os irrigantes e seus familiares. Problemas semelhantes, enfrentados em outro perímetro irrigado de Sergipe, foram relatados por Silva (2016), em que o autor observou problemas frequentes de obstrução dos aspersores, causados por resíduos presentes na água e de corrosão do ferro do sistema de distribuição, além das perdas existentes por vazamentos nas tubulações. A fim de reverter a situação atual, algumas soluções para os problemas enfrentados na região podem incluir:

1. Dimensionar o impacto do vazamento e dos furtos para identificar as medidas emergenciais, com a finalidade de interromper a retirada não autorizada de água;
2. Realizar reparos estruturais nos locais sem cobertura, bem como no extravasor, para impedir acidentes e desvio de água, respectivamente;
3. Notificação formal por parte da empresa gestora, bem como aplicação de multa quando houver práticas irregulares;
4. Acionar órgãos ambientais de fiscalização, a fim de regularizar o uso indevido do

recurso hídrico;

5. Sensibilização da população sobre as práticas ilegais de desvio de água, bem como as consequências legais desses atos.

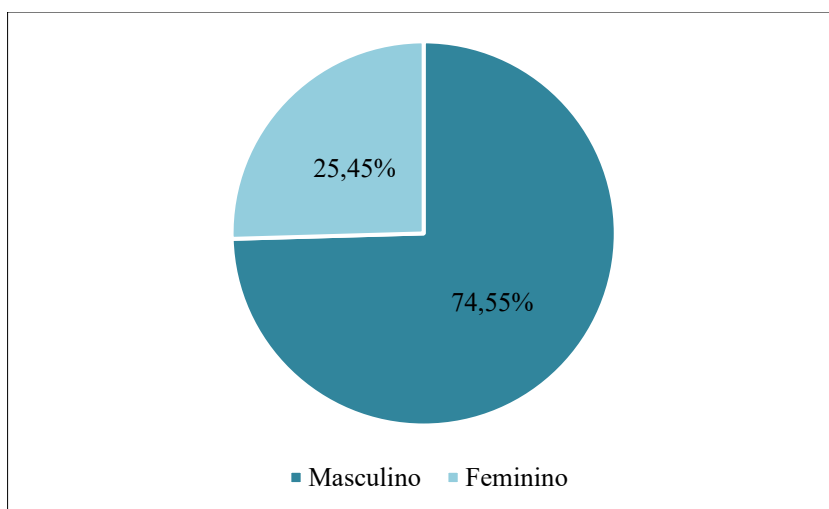
3.2 Perfil socioeconômico dos entrevistados

Os participantes desta pesquisa foram a população rural do município de Canindé de São Francisco, mais especificamente os agricultores irrigantes do Perímetro Irrigado Califórnia.

O perfil dos entrevistados foi analisado de acordo com os dados obtidos através da aplicação do questionário que se encontra no Apêndice A. A aplicação do questionário possibilitou a identificação de gênero, faixa etária, condição de moradia, tempo de residência no lote, quantidade de membros da família, grau de escolaridade, fonte de renda, renda mensal familiar, e se já tinha experiência com irrigação ao adquirir o lote. Estes aspectos possibilitam a presente pesquisa fazer uma análise em relação ao perfil socioeconômico dos agricultores entrevistados.

De acordo com os dados obtidos, a predominância de gênero é masculina, correspondendo à 74,55%, sendo 25,45% das pessoas entrevistadas correspondentes ao sexo feminino (Figura 9). Percebeu-se ao visitar as propriedades, mesmo com boa parte das mulheres presentes no momento da entrevista, que de fato na maioria das residências a pessoa encarregada de cuidar dos assuntos operacionais do lote era o homem da família.

Figura 9 - Percentagem dos entrevistados por gênero.

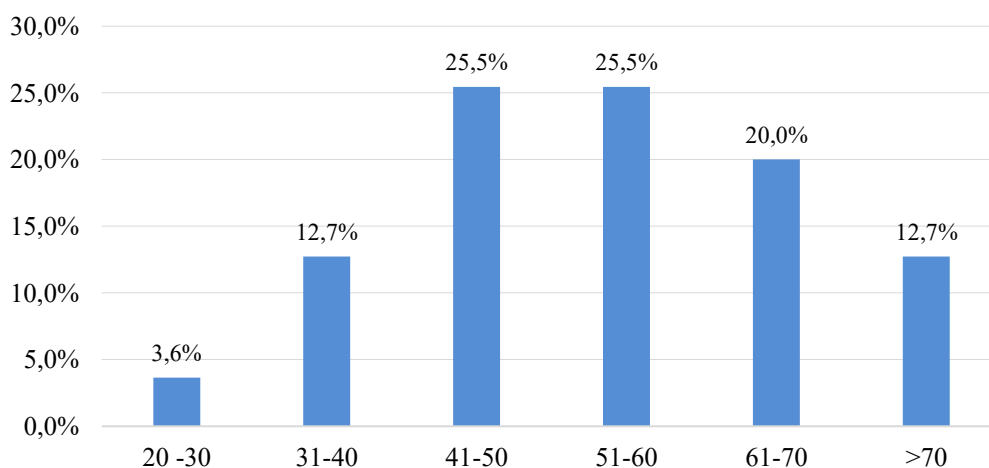


Fonte: dados da pesquisa, 2025.

Com base nos dados obtidos com a pesquisa de campo, a faixa etária dos participantes, como observou-se na Figura 10, variou entre 20 e superior a 70 anos. As faixas que

concentraram as maiores percentagens foram as de 41-50, com 25,5% dos entrevistados, seguido da faixa 51-60 com o mesmo percentual e 61-70, representando 20% das pessoas entrevistadas.

Figura 10 - Percentagem dos entrevistados por faixa etária.



Fonte: dados da pesquisa, 2025.

A amostra examinada permite perceber e avaliar o local de estudo com alguns fenômenos demográficos, quais sejam: masculinização e envelhecimento. Pode-se perceber que a faixa etária de 20 – 30 anos chama atenção por representar apenas 3,6% dos participantes, em contrapartida a 32,7% dos entrevistados terem idade superior a 61 anos, isso torna evidente a possível falta de sucessão/interesse por parte dos mais jovens para gerir a propriedade.

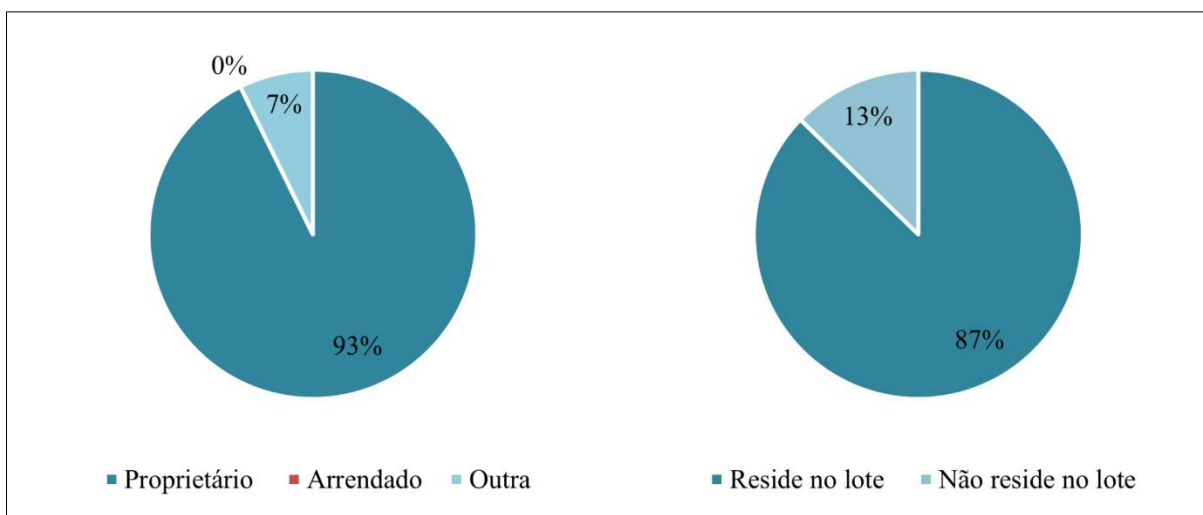
Faz-se necessário explicitar que esse padrão de pessoas mais velhas gerirem a propriedade foi importante para captar informações para a presente pesquisa, tendo em vista que estes têm mais conhecimento sobre a dinâmica do local. Entretanto, este fenômeno leva a uma reflexão da falta de participação jovem nas decisões familiares, algo que infere na decisão de migrarem para locais com maiores oportunidades de crescimento pessoal e profissional.

De acordo com Souza e Pozzebon (2020), ao investigar a ausência dos jovens no espaço produtivo, verificou-se altos índices de êxodo rural e participação limitada desses indivíduos nas tomadas de decisão, função que, em regiões rurais, é tradicionalmente atribuída ao chefe da família. O êxodo rural, especialmente entre os jovens, contribui para o envelhecimento da população rural e compromete a sucessão familiar. É fundamental criar condições que promovam a autonomia na gestão dos estabelecimentos rurais, garantindo oportunidades de renda, inserção social e acesso a tecnologias. Com o intuito de reduzir a migração para os centros urbanos por parte dos mais jovens, é necessário disponibilizar mais investimentos e

novas políticas públicas que possibilite a ampliação da renda das atividades agrárias (Da Silva; Antoniazzi; Novak, 2019).

Quanto à condição de moradia (Figura 11), dentre os 55 participantes da pesquisa, 93% declararam serem os proprietários do lote, enquanto 7% declararam serem filhos dos proprietários. Não houve nenhum participante que declarou ser arrendado.

Figura 11 - Condição de moradia dos participantes da pesquisa.



Fonte: dados da pesquisa, 2025.

Notou-se que boa parte dos participantes reside dentro do projeto Califórnia, sendo 87% residentes e 13% não residentes, estes por sua vez alegaram morar no centro da cidade, e utilizam o lote apenas para a produção agrícola.

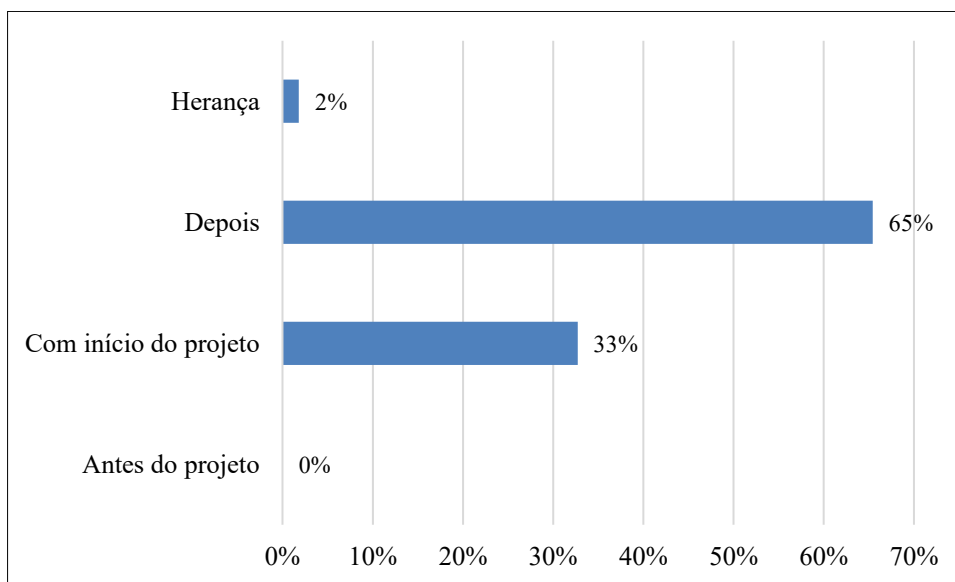
A falta de posse de uma residência própria fora do perímetro pode representar um gargalo para o desenvolvimento social dos participantes da pesquisa, uma vez que a posse de residência própria representaria melhoria das condições de vida dos agricultores do Califórnia. As afirmativas anteriores são feitas em virtude das condições de vida do local, como por exemplo: falta de esgotamento sanitário e abastecimento de água tratada para o consumo humano.

Uma residência pode ser considerada adequada quando possui, simultaneamente, coleta de lixo regular, abastecimento de água por rede geral e esgotamento sanitário via rede coletora ou fossa séptica. A habitação é um elemento essencial para o desenvolvimento sustentável, sendo determinante para a qualidade de vida da população rural. A falta de infraestrutura adequada pode comprometer a saúde física da população, tornando-a mais vulnerável a doenças relacionadas ao saneamento básico precário (Carvalho, 2009).

Com relação ao tempo de residência no projeto Califórnia (Figura 12), 33% dos

entrevistados relataram residirem no lote desde o início do projeto, ou seja, foram contemplados com a ação do Governo, enquanto 65% adquiriram o lote posteriormente (por meio de compra), e 2% declaram terem recebido como herança familiar. Não houve nenhum relato de algum agricultor que já exercesse atividades agrícolas na região, anterior ao início do projeto, tendo em vista que boa parte do território antigamente era de uma fazenda, denominada Cuiabá, e o projeto é fruto de reforma agrária que desmembrou a fazenda e dividiu em lotes.

Figura 12 - Tempo de residência no lote.

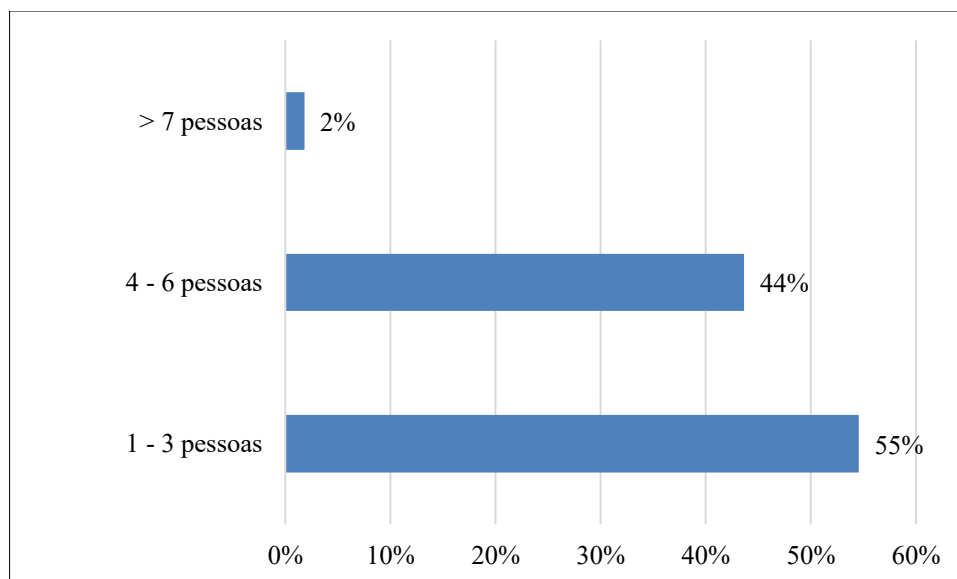


Fonte: dados da pesquisa, 2025.

Quanto a quantidade de membros na propriedade familiar (Figura 13) foi observado que em boa parte das residências predomina o quantitativo de 1-3 pessoas, representando 55% das residências. Constatou-se também que 44% representa uma composição familiar de 4-6 pessoas, e apenas 2% representa uma composição superior à 7 pessoas.

Ao analisar os dados, notou-se o grande quantitativo de agricultores que adquiriram o lote, por meio de compra, depois do início do projeto. Uma explicação para esse acontecimento são as condições de produção de alimentos e desenvolvimento da região, proporcionados pelo Governo Estado, uma vez que este fomenta a produção agrícola por meio de distribuição de recursos hídricos em uma região semiárida, com baixo custo, e boas condições de solo.

Figura 13 - Quantidade de membros da família.



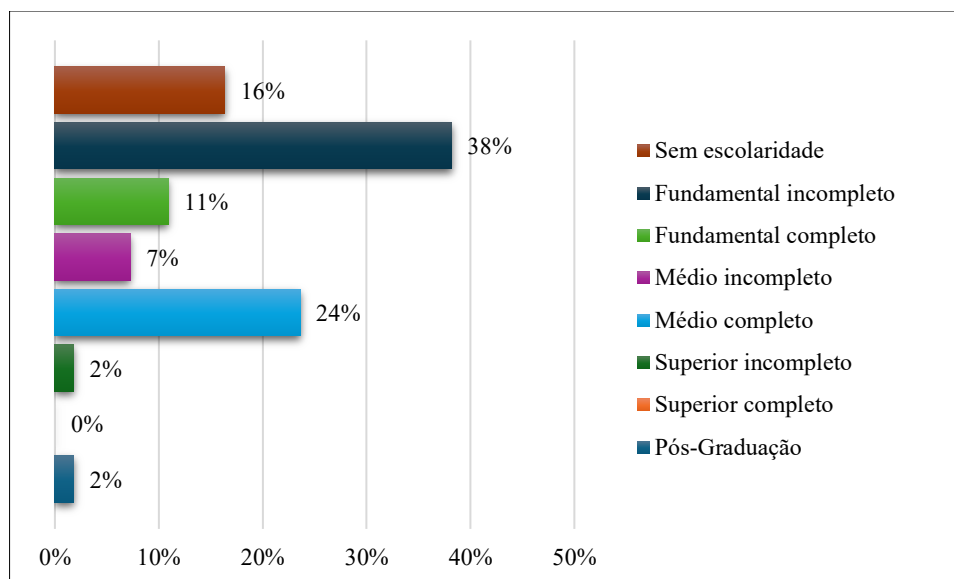
Fonte: dados da pesquisa, 2025.

Boa parte dos participantes relatou terem membros da família, principalmente filhos, que residem em outras cidades, o que reforça as observações feitas anteriormente quanto ao êxodo das regiões agrícolas e a importância das políticas públicas.

A migração em massa do campo para a cidade pode ser explicada, em partes, pela forma como o governo brasileiro têm tratado essa questão. O governo deve assumir um papel central na abordagem desse problema, já que o esvaziamento do campo resulta em problemas como a redução da produção de alimentos básicos, a marginalização nos centros urbanos e o aumento dos custos públicos. Nesse contexto, o crédito rural surge como um instrumento essencial para conter o êxodo rural na agricultura familiar, pois viabiliza a realização de projetos dos agricultores, promovendo a melhoria da qualidade de vida no campo (Silva; Antoniazzi; Novak, 2019).

O nível de escolaridade entre os agricultores entrevistados foi classificado como mediano, com 16% sem escolaridade (analfabetos), seguido de 38% com fundamental incompleto e 24% com médio completo. Apenas 2% relataram estarem cursando ensino superior, e 2% informaram terem cursado pós-graduação (Figura 14). A margem de analfabetismo foi menor comparada ao trabalho de Silva (2016) em sua pesquisa no Perímetro Irrigado Poção da Ribeira, o autor observou baixa escolaridade representada por 63% dos entrevistados com ensino fundamental incompleto e 25% analfabetos funcionais.

Figura 14 - Nível educacional dos agricultores.



Fonte: dados da pesquisa, 2025.

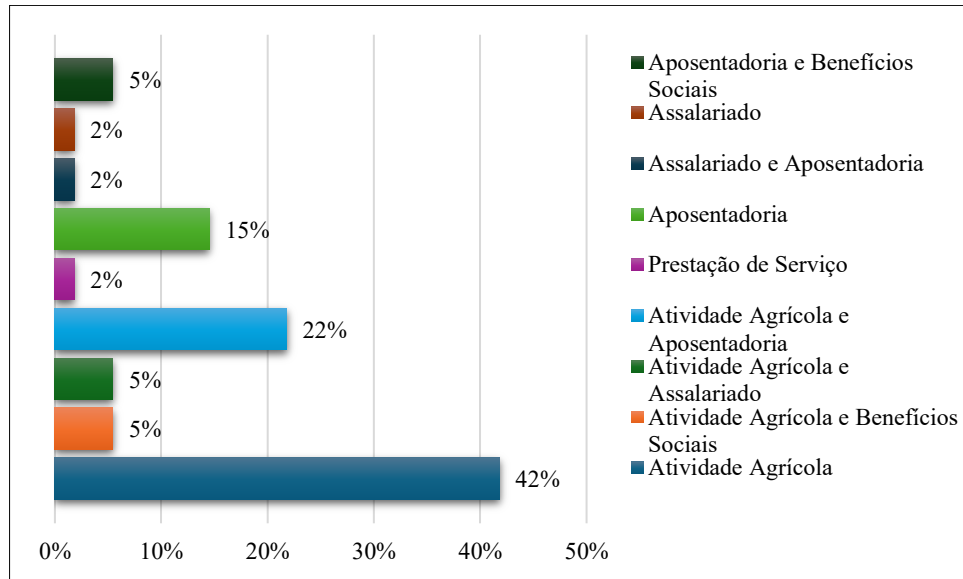
Todos os entrevistados sem escolaridade e com fundamental incompleto relataram não terem tido oportunidade de continuar os estudos porque precisaram optar pelo trabalho na lavoura, não havendo tempo ou incentivos para estudar. Entretanto, este fato pode ser revertido a partir da Lei Federal 9.394/96 (Brasil, 1996) de Educação Nacional, que garante o acesso público e gratuito aos ensinos fundamental e médio a todos que não concluíram na idade apropriada.

O desenvolvimento socioeconômico de uma sociedade é diretamente relacionado ao processo de expansão do seu nível educacional, a desigualdade de renda do Brasil é explicada pela discrepância no nível educacional de sua população. Em sua pesquisa Reis, Moreira e Cunha (2017) constataram que a educação formal do gestor rural é um fator determinante no impacto sobre a geração de renda da propriedade. Os resultados confirmam que produtores rurais com maior nível de escolaridade alcançam melhor rentabilidade. Isso ocorre porque gestores com maior nível educacional estão mais aptos a planejar suas operações, tomar decisões estratégicas no processo produtivo, qualificar a mão de obra e otimizar as etapas de beneficiamento e comercialização dos produtos fruto das atividades agrícolas.

Quando questionados a respeito das fontes de renda (Figura 15), boa parte dos entrevistados alegou que a principal fonte era proveniente das atividades agrícolas, que por sua vez representou 42%, enquanto 22% têm como principal fonte de renda a aposentadoria junto com a atividade agrícola e 15% têm apenas a aposentadoria como principal fonte. Ademais, as opções de atividade agrícola e benefícios sociais; atividade agrícola e assalariado; aposentadoria e benefícios sociais, representaram 5% cada, e as opções assalariado; assalariado e

aposentadoria; prestação de serviço apresentaram 2% cada.

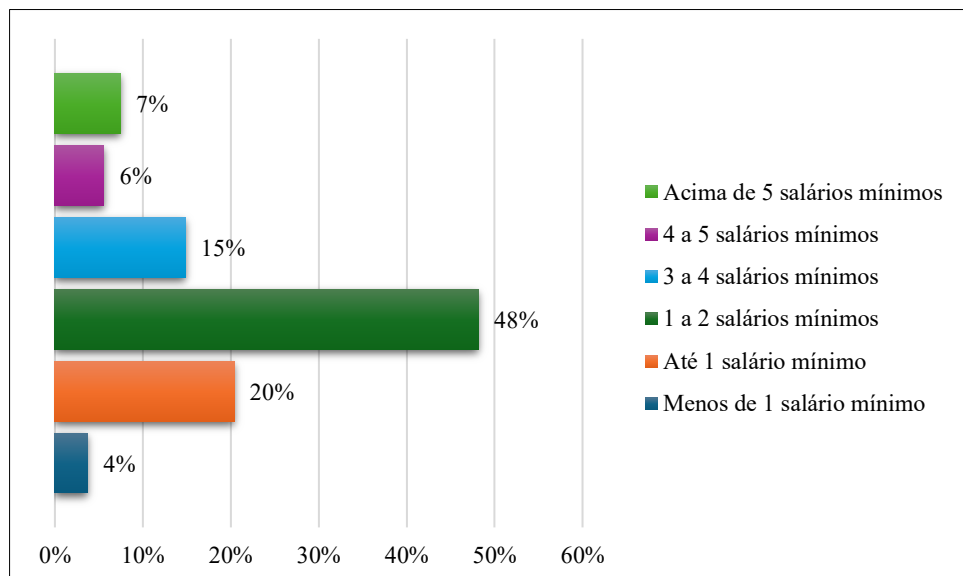
Figura 15 - Fonte de renda dos participantes



Fonte: dados da pesquisa, 2025.

Em relação à renda mensal familiar (Figura 16), 48% dos entrevistados relataram possuir uma média salarial entre 1 a 2 salários mínimos, 20% relataram obter até 1 salário mínimo, 15% estão inseridos em uma faixa salarial de 3 a 4 salários mínimos, 7% acima de 5 salários mínimos, 6% de 4 a 5 salários mínimos e 4% relataram obter uma renda inferior a 1 salários mínimo.

Figura 16 - Renda mensal familiar.



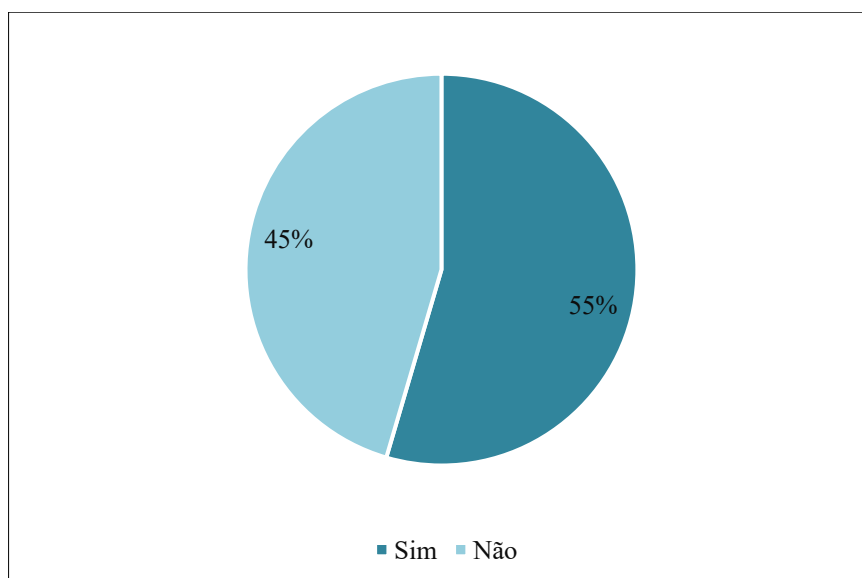
Fonte: dados da pesquisa, 2025.

Os dados apresentados pela pesquisa evidenciaram que grande parte das famílias possui uma baixa renda mensal, considerando que a maioria das residências abriga pelo menos três moradores. Essa situação revela uma realidade preocupante, uma vez que as atividades agrícolas desenvolvidas nas propriedades não alcançam a rentabilidade esperada. Tal cenário sugere a existência de desafios relacionados à gestão, que podem estar impactando negativamente o desempenho econômico dessas unidades produtivas. A falta de uma boa rentabilidade tem como consequência a desestimulação de alguns produtores, para com as suas atividades, o que por vezes gera dificuldades para a sucessão geracional da propriedade.

A gestão eficiente das propriedades rurais é fundamental para enfrentar esses desafios, uma boa gestão permite ao proprietário maior controle sobre os gastos, redução de riscos e aumento da receita. Identificar dificuldades diárias, planejar, controlar e analisar custos são aspectos essenciais para a viabilidade econômica e sustentabilidade das atividades agrícolas (Melo *et al.*, 2021). Além de que a rentabilidade das atividades agrícolas é crucial para manter os jovens no campo, faz com que eles tenham perspectiva de crescimento no meio rural.

No que diz respeito à experiência prévia com irrigação antes da aquisição do lote, constatou-se que 55% dos participantes já possuíam algum nível de familiaridade com a prática (Figura 17). Em contrapartida, os demais 45% afirmaram não ter tido qualquer contato prévio com essa atividade antes de assumirem a propriedade. Entre os 33% dos agricultores que declararam residir no lote desde o início do projeto, todos relataram ter participado dos cursos de capacitação oferecidos pelo Governo do Estado à época.

Figura 17 - Experiência com irrigação ao adquirir o lote



Fonte: dados da pesquisa, 2025.

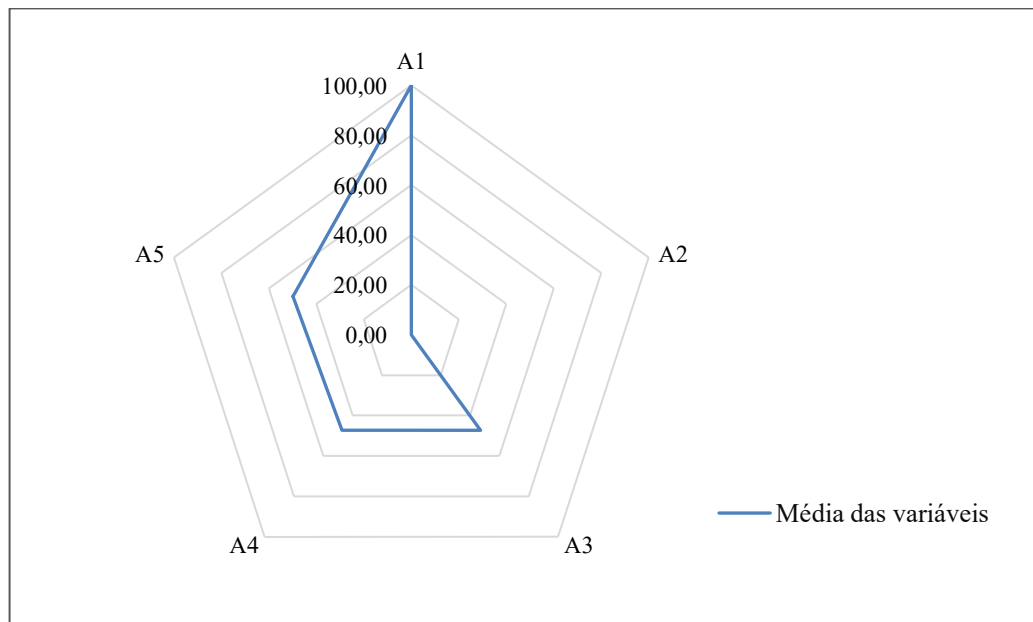
Dentre os agricultores que foram contemplados com o lote, no início do projeto, 45% afirmaram não ter experiência com irrigação, a maioria relatou trabalhar apenas com agricultura de sequeiro e agropecuária, informaram terem aprendido o manejo da irrigação a partir dos cursos de capacitação ofertados pelo Governo do Estado.

Apesar da participação em cursos de capacitação ofertados pelo Governo, o número de agricultores contemplados com os lotes e que não tinham experiência com irrigação foi bastante expressivo, uma vez que 45% deles eram inexperientes. Essa realidade corrobora para a discussão a respeito da falta de capacidade técnica dos agricultores em perímetros públicos de irrigação, uma vez que muitos deles lidam com o uso do recurso hídrico de maneira inadequada, e por diversas vezes pouco eficiente. Ademais, o uso ineficiente e a falta de capacidade técnica impactam diretamente na produtividade dos lotes, bem como nos impactos ambientais que as práticas agrícolas poucos sustentáveis ocasionam no meio ambiente.

3.3 Dimensão ambiental

A dimensão ambiental do presente estudo foi caracterizada por cinco indicadores (Figura 18), com os seguintes percentuais de sustentabilidade: Qualidade da água (100%); Áreas de preservação ambiental (0%); Monitoramento do solo (47,21%); Uso de agroquímicos (47,26%) e Manejo de irrigação (49,85%). Esta dimensão obteve um índice final no valor de 19,14 a partir do método de Faccioli e Gomes Filho (2021).

Figura 18 - Gráfico da dimensão ambiental



Fonte: dados da pesquisa, 2025.

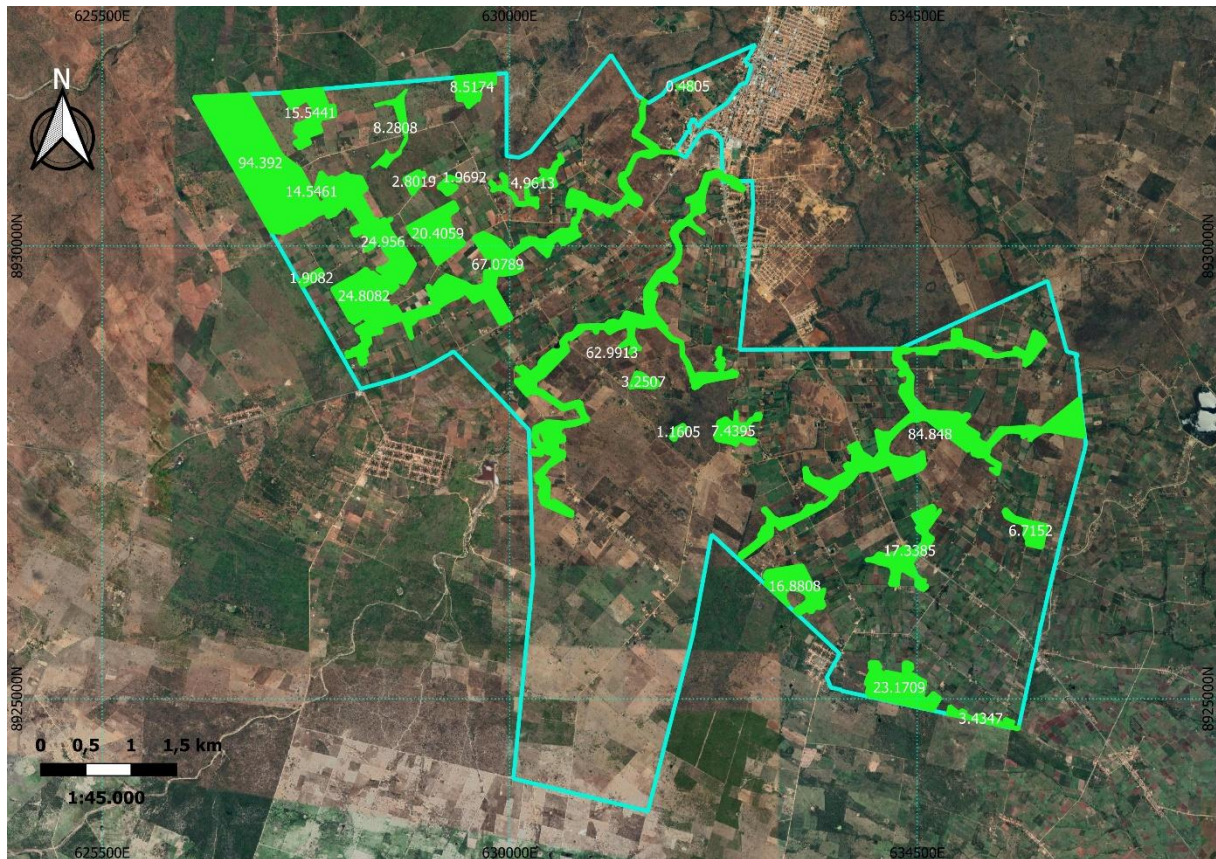
A qualidade da água foi determinada a partir do Índice de Qualidade da Água (IQA), que foi no valor de 61.2. De acordo com a classificação da CETESB (2013), o valor encontra-se no intervalo ($51 < IQA \leq 79$), que configura a qualidade da água como boa. Foi realizada a coleta de água em julho de 2024, no reservatório da EB-02. A coleta seguiu todos os protocolos estabelecidos pelo laboratório responsável pela análise (Anexo 2), o Instituto Tecnológico e de Pesquisas do Estado de Sergipe (ITPS).

Tendo em vista que a água distribuída no perímetro, desde sua concepção, tem como única e exclusiva finalidade ser utilizada na irrigação, a qualidade é de fato boa. A amostra apresentou condutividade elétrica no valor de 122,93 $\mu\text{S}/\text{cm}$. A qualidade específica da água para irrigação tem sido mensurada principalmente pelos riscos associados à salinidade e sodificação do solo, além de toxicidade de íons para as culturas e de obstrução dos sistemas de irrigação (Amorim *et al.*, 2010).

Tratando-se da qualidade da água para o abastecimento e consumo humano, esta configurou-se como regular, devendo-se apenas ser consumida após seu tratamento. A amostra apresentou um valor de coliformes termotolerantes na ordem de $9,4 \times 10^2$ NMP/100ml. Faz-se importante ressaltar que o perímetro Califórnia não dispõe de abastecimento sanitário, não havendo assim acesso à água potável e esgotamento sanitário para os moradores. Sendo assim, 37,5% dos produtores rurais da região relataram fazer o consumo da água bruta para beber, cozinhar e tomar banho, outros 17,5% alegaram beber e cozinhar com a água captada das chuvas e armazenada na cisterna, 7,5% pegam da água tratada da DESO para beber, 25% compram água mineral e 12,5% não moram no lote. Os agricultores que relataram consumir a mesma água que é utilizada para irrigação (água bruta), informaram que se faz a utilização de cloro para tratar e ingerir. Em sua pesquisa sobre o Perímetro Califórnia, Costa (2015) identificou que 69% dos agricultores ingerem a água que chega em seus lotes, destinada para irrigação, sem realizarem o tratamento adequado.

O indicador “Áreas de preservação ambiental” serviu para elucidar a irregularidade do perímetro quanto ao padrão exigido pela Lei Nº 4.771/65 (Brasil, 1965), os lotes não contêm áreas destinadas para a Reserva Legal às margens da matrícula do imóvel, sendo os 4 hectares destinados 100% para exploração agrícola. A dinâmica do projeto conta com áreas de Reserva Legal averbadas, e Preservação Permanente, para todo o perímetro irrigado. O valor da média ponderada do indicador foi de 0%, em vista que na data de elaboração da presente pesquisa as áreas preservadas existentes contabilizaram um valor inferior a 20% da área total do perímetro, estando em desacordo com a Lei Federal Nº 12.651/2012.

Figura 19 - Mapa georreferenciado do Perímetro Irrigado Califórnia com destaque para as áreas de preservação ambiental do projeto.



Fonte: elaborado pela autora, 2025.

Os dados da área de Reserva Legal e Área de Preservação Permanente foram obtidos a partir do banco de dados do Sistema de Gestão Fundiária (SIGEF), a área total mapeada e georreferenciada foi de 509,8202 ha, que corresponde a 12,8% da área do Perímetro Califórnia. Para estar em conformidade com a Lei Nº 12.651/2012, as áreas de preservação deveriam contabilizar um total de 796 ha, ou seja, necessita recompor 286,18 ha de vegetação nativa.

O indicador “Monitoramento do solo” refere-se à frequência em que os agricultores realizam análise de solo, 61,81% dos agricultores alegaram ter realizado um total inferior à 2 análises, desta maneira o indicador obteve uma média ponderada de 47,21%. Tendo em vista que a análise de solo é uma ferramenta essencial para a produção agrícola, pois indica a existência de nutrientes no solo e sua disponibilidade, configurando-se como de extrema importância para auxiliar na prática de uma adubação mais adequada e eficiente para a necessidade das plantas. A Lei Federal Nº 8.171/91 dispõe sobre a necessidade de proteção ao meio ambiente e conservação dos recursos naturais, em que deve haver o uso racional do solo, a partir de sua fiscalização.

Com relação ao indicador “Uso de agroquímicos” foi avaliado se os agricultores seguem o protocolo do fabricante, no tocante ao descarte das embalagens dos agrotóxicos utilizados. Dentre os cinquenta e cinco entrevistados, oito não utilizam agrotóxico no processo produtivo de alimentos, porém foi relatado dentre os que utilizam que 61,70% deles descarta de maneira imprópria, boa parte queima ou enterra. Apenas 38,29% dos agricultores entrevistados realiza a tríplex lavagem e a devolução das embalagens para o local onde realizaram a compra dos produtos. Sendo assim, este indicador obteve uma média ponderada de 47,26%.

De acordo com a Lei Federal 7.802/89 (BRASIL, 1989), os produtores rurais que fazem uso de agrotóxicos devem efetuar a devolução das embalagens vazias e higienizadas para os estabelecimentos comerciais, de acordo com o protocolo do fabricante. A pesquisa elucidou que o descarte impróprio das embalagens ocorre em função da falta de apoio ao produtor rural, uma vez que a maioria deles relatou que até pouco tempo atrás a CODERSE aceitava a devolução das embalagens na sede da empresa, porém essa ação foi suspensa, o que resultou em um aumento de descarte no meio ambiente.

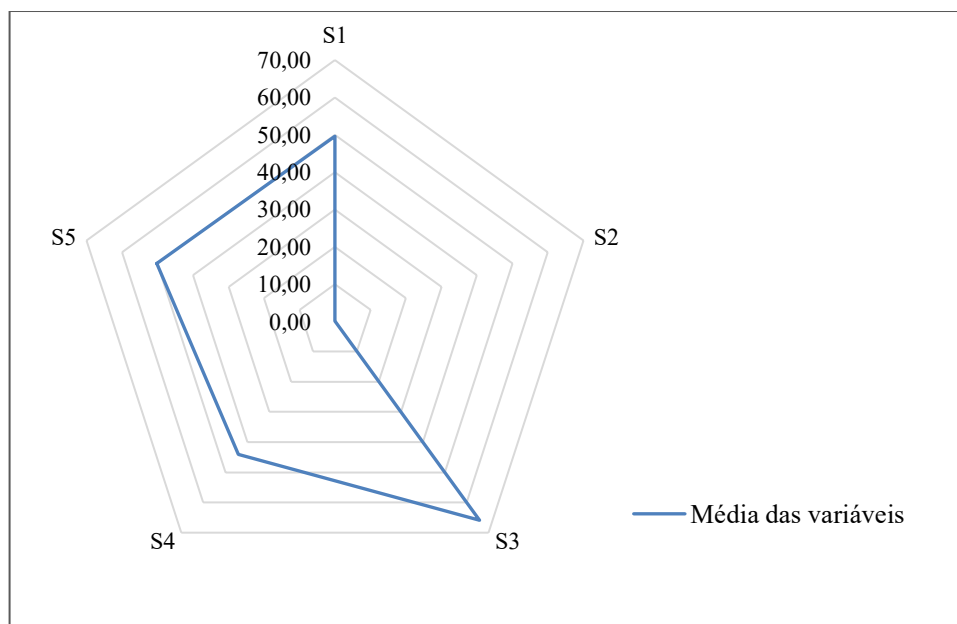
Para o indicador “Manejo de irrigação” foi levado em consideração se o produtor rural realiza a irrigação de acordo com as recomendações técnicas para a cultura, este indicador obteve uma média ponderada de 49,85%, pois apenas 47,27% dos agricultores realiza o manejo da irrigação em conformidade com a necessidade da cultura e das condições do tipo de solo.

Notou-se que os agricultores não realizam um controle adequado da lâmina de irrigação aplicada porque eles não pagam a tarifa de água de acordo com o volume utilizado, mas sim uma tarifa fixa de R\$300 a cada três meses. Ademais, além do não pagamento pelo excesso de água utilizada, as tubulações de diversos lotes são antigas e se encontram sem manutenção, o que gera um volume de desperdício e mais acúmulo de água no solo, o que influencia no processo de salinização dos solos no perímetro.

3.4 Dimensão social

A dimensão social do presente estudo foi caracterizada por cinco indicadores (Figura 20), com os seguintes percentuais de sustentabilidade: Grau de escolaridade (49,58%); Serviços Públicos (0,00%); Assistência Técnica (65,88%); Organização social (44,03%); Uso de EPI (50,20%). Esta obteve um índice total no valor de 15,20 a partir do método de Faccioli e Gomes Filho (2021), configurando-se como a dimensão de pior desempenho.

Figura 20 - Gráfico da dimensão social



Fonte: dados da pesquisa, 2025.

O indicador “Grau de escolaridade” obteve uma média ponderada de 49,58% em função de que 38,18% dos agricultores entrevistados têm o ensino fundamental incompleto e 16,36% relataram serem analfabetos, totalizando 54,55% com nível educacional inferior ao ensino fundamental. A baixa escolaridade e uma taxa relativamente alta de analfabetismo impacta diretamente no desenvolvimento do agricultor nas suas atividades laborais, uma vez que limita sua capacidade de tomadas de decisão estratégicas e expansão do negócio.

Tratando-se de saneamento básico, o indicador “Serviços públicos” obteve uma média ponderada correspondente a 0,00%, uma vez que não há abastecimento de água tratada própria para consumo humano e nem esgotamento sanitário para a população residente do perímetro. Este foi o indicador de pior desempenho da dimensão social, o que demonstra sua fragilidade e a importância de intervenção imediata do Governo do Estado em ações para promover o acesso à água potável para a população local e destino correto dos dejetos das residências. Ademais, este indicador elucida a urgência em garantir o direito de acesso a serviços públicos de saneamento básico, de acordo com a Política Nacional de Saneamento Básico, Lei Federal 11.445/07 (BRASIL, 2007).

O indicador “Assistência Técnica” foi o que obteve melhor desempenho, com uma média ponderada correspondente a 65,88%. Embora este tenha sido o indicador com maior média ponderada, em comparação com os demais desta dimensão, 21,8% dos entrevistados relatou não receber esse tipo de assistência por parte dos técnicos do perímetro, o que indica

um ponto a ser melhorado no processo de desenvolvimento do projeto.

De acordo com a Lei Federal Nº 12.188/2010 que institui a Política Nacional de Assistência Técnica e Extensão Rural para a Agricultura Familiar e Reforma Agrária – PNATER, é um de seus princípios a gratuidade, qualidade e acessibilidade aos serviços de assistência técnica e extensão rural continuada, com objetivo de promover o desenvolvimento rural sustentável e assessorar as diversas fases das atividades econômicas.

No tocante à participação dos agricultores entrevistados em associações e cooperativas, o indicador “Organização social” obteve uma média ponderada de 44,03%, que revela o baixo nível organizacional dos agricultores. Como previsto na Lei Federal Nº 11.326/06, que estabelece as diretrizes a Política Nacional da Agricultura Familiar e Empreendimentos Familiares Rurais e na Lei Federal Nº 8.171/91 que dispõe sobre a política agrícola, a inserção dos agricultores familiares em associações e cooperativas serve para seu próprio fortalecimento, um dos exemplos é a facilitação de acesso a linhas de crédito.

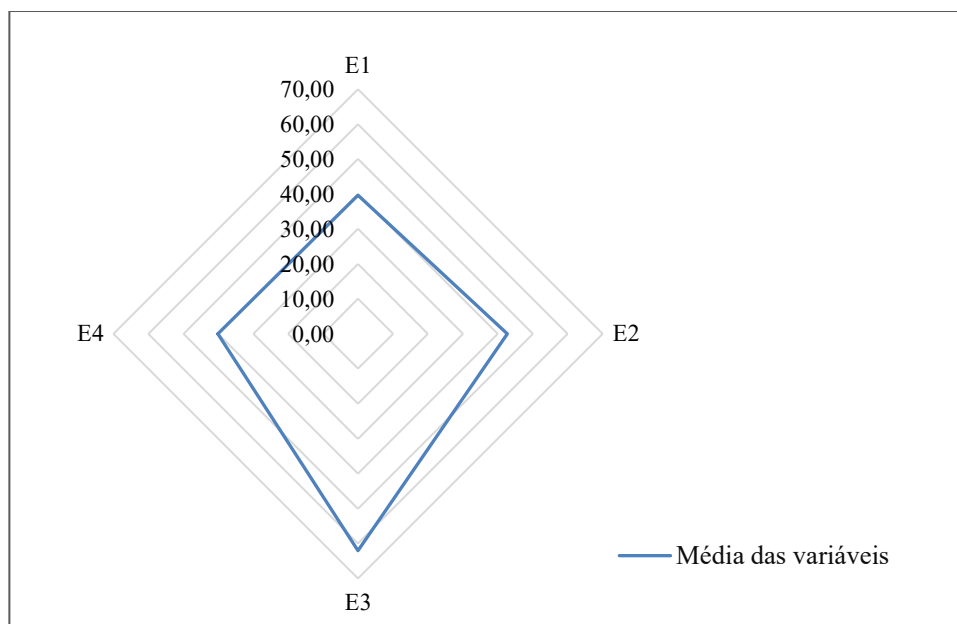
A maioria dos agricultores que não são cooperados ou associados relataram não participarem por desinteresse próprio, além de não verem vantagem alguma, já que no passado muitos deles fizeram parte, mas não sentiram que prosperaram. Vale ressaltar que atualmente, o perímetro Califórnia conta apenas com uma cooperativa, a Cooperativa de Fomento Rural e Comercialização do Perímetro Califórnia – COOFRUTAL, com 70 cooperados, sendo 16 do perímetro irrigado Jacaré-Curituba.

O indicador “Uso de EPI” refere-se ao uso dos Equipamentos de Proteção Individual, este obteve uma média ponderada de 50,20%, em que evidencia a falta de uso dos EPI’s por parte dos produtores rurais quando há manuseio de agrotóxicos na lavoura. De acordo com o Decreto nº 4074/2002, que regulamenta a Lei Federal Nº 7.802/89, entende-se por EPI todo vestuário, material ou equipamento destinado a proteger pessoa envolvida na produção, manipulação e uso de agrotóxicos, seus componentes e afins, além de tratar sobre a receita agrônômica e a necessidade da obrigatoriedade de utilização desse equipamento constar nela.

3.5 Dimensão econômica

A dimensão econômica do presente estudo foi caracterizada por quatro indicadores (Figura 21), com os seguintes percentuais de sustentabilidade: Comercialização de Produtos (39,67%); Planejamento Econômico (42,71%); Fonte de Renda (62,05%); Renda Familiar (40,12%). Esta obteve um índice total no valor de 21,06 a partir do método de Faccioli e Gomes Filho (2021), configurando-se como a dimensão de melhor desempenho.

Figura 21 - Gráfico da dimensão econômica



Fonte: dados da pesquisa, 2025.

A “Comercialização de Produtos” realizada pelos produtores obteve uma média ponderada de 39,67% para este indicador, o que representa um desempenho ruim e reflete de forma negativa para os agricultores. Dentre os 55 agricultores entrevistados, 56,36% relataram fazerem as vendas de seus produtos por meio de atravessadores, apenas 18,18% realizam a comercialização por meio de venda direta e 7,27% por meio de cooperativa.

A presença de atravessadores no processo de comercialização dos produtos agrícolas é um gargalo que afeta diretamente a renda do produtor, uma vez que a dinâmica de precificação não parte de quem produz, mas sim de quem faz o intermédio da venda, além de impactar a sustentabilidade da atividade agrícola. Quando questionados sobre essa situação de dependência da figura do atravessador, os agricultores relataram a baixa margem de lucro, falta de transparência em relação aos preços, insegurança e dependência econômica e interferência na diversificação da produção.

De modo semelhante ao observado no perímetro Califórnia, as pesquisas conduzidas por Silva (2016) e Nhampossa (2015) nos perímetros Poção da Ribeira e Betume, localizados em Sergipe, contataram com a presença de atravessadores e seus impactos na economia dos agricultores. De acordo com Silva, dentre os fatores que impactam a comercialização os mais marcantes são o baixo desempenho para armazenamento e comercialização, explicitados pelas dificuldades de organização social, venda por preços incompatíveis aos custos de produção e dependência de atravessadores. Nhampossa constatou que boa parte dos produtores que

comercializam via atravessadores são deixados em situação de inadimplência, pois por vezes os atravessadores não cumprem com os prazos de pagamento.

Com relação ao indicador “Planejamento Econômico” pode-se observar uma média ponderada de 42,71%, refletida em função de que boa parte dos agricultores não realizam o planejamento econômico estratégico da sua propriedade. Dentre os entrevistados, 69% relataram não realizar o planejamento, quando questionados o porquê não realizam esta prática boa parte justificou não saber fazer, além de não contarem com apoio profissional nesse sentido. Esta já era uma realidade esperada, tendo em vista o baixo grau de escolaridade dos produtores, o que reforça a importância dos serviços de ATER para fortalecimento e desenvolvimento desses produtores.

O indicador “Fonte de Renda” foi que demonstrou melhor desempenho, apresentou uma média ponderada no valor de 62,05%, em que 41,81% dos agricultores relataram ter como principal fonte de renda a atividade agrícola, seguido de 21,81% que relataram ter a atividade agrícola junto com a aposentadoria como principais fontes. Apenas 5,45% dos entrevistados relatou ter benefícios sociais como principal fonte de renda.

Estando estritamente relacionado com o indicador anterior, o indicador “Renda Familiar” apresentou uma média ponderada no valor de 40,12%, em que 48,14% dos agricultores relatou terem uma faixa salarial entre 1 a 2 salários mínimos ao mês, e 20,37% recebem até 1 salário mínimo ao mês. Importante ressaltar que se notou um certo receio por parte dos entrevistados de revelar sua renda, o que não torna esse indicador algo muito preciso, que de fato seja compatível com a realidade, porém não está tão discrepante dos demais indicadores dessa dimensão. Ademais, a baixa renda observada na presente pesquisa vai em desacordo com a Constituição Federal (1988), tendo em vista que 24% dos entrevistados não superam a marca de 1 salário mínimo mensal, uma vez que a Constituição prevê para trabalhadores urbanos e rurais o salário mínimo, fixado em lei, capaz de atender a suas necessidades vitais básicas e às de sua família com moradia, alimentação, educação, saúde, lazer, vestuário, higiene, transporte e previdência social.

3.6 Cálculo do índice de sustentabilidade

Nesta seção faz-se a análise quantitativa de interação dos indicadores para formular o índice de sustentabilidade de acordo com a metodologia de Calório (1997) adaptada por Faccioli e Gomes Filho (2021), e a sua classificação quanto ao nível de sustentabilidade. Os indicadores selecionados para compor o índice foram estabelecidos de acordo com os dados

obtidos a partir da coleta de campo, no perímetro Califórnia situado no município de Canindé de São Francisco.

A metodologia utilizada para alcançar os resultados apresentados no decorrer desta secção foi uma alternativa que visa simplificar a análise dos dados, por meio de gráficos do tipo radar, em que representam o grupo de indicadores selecionados. Para calcular o índice de sustentabilidade da presente pesquisa, foram utilizados quatorze indicadores e definido um arranjo de posicionamento destes. Vale ressaltar que outros arranjos não alterariam o resultado do índice, apenas permitiria outras discussões específicas de cada indicador e suas relações.

Os quatorze indicadores selecionados, com base nos dados coletados em campo e disponíveis por meio eletrônico foram agrupados em três dimensões abordadas nos estudos, sendo cinco indicadores da dimensão ambiental, cinco da dimensão social e quatro da dimensão econômica. A seleção baseou-se na disponibilidade, mensurabilidade e relevância dos dados tratados, em busca de refletir a realidade atual em que se encontra o perímetro Califórnia. Os parâmetros para calcular o índice de sustentabilidade foram estabelecidos de acordo com a legislação vigente, bem como por meio de decretos e resoluções (Quadro 7).

Quadro 7 - Seleção dos indicadores, variáveis e suas referências para escala de sustentabilidade.

Dimensão	Indicadores	Variáveis	Referência para escala de sustentabilidade	Mensuração da sustentabilidade do indicador
Ambiental	IA1- Qualidade da água	Índice de qualidade da água (IQA).	CETESB (2013)	IQA entre as faixas boa (51 < 79) ou ótima (79 < 100).
	IA2- Áreas de preservação ambiental	Retirada de vegetação em Áreas de Preservação Permanente ou de Reserva Legal e situação legal do lote.	Lei Federal Nº 12.651/2012	Área de preservação ambiental compõe uma área igual ou superior à 20% da área total do perímetro.
	IA3- Monitoramento do solo	Frequência de análises de solo e controle de erosão.	Lei Federal Nº 8.171/91	Realizou duas ou mais análises de solo.
	IA4- Uso de agroquímicos	Realização da tríplex lavagem das embalagens dos agrotóxicos e devolução destas ao estabelecimento comercial.	Lei Federal Nº 7.802/89	Seguir protocolos de limpeza e devolução de embalagens conforme o fabricante.
	IA5- Manejo de irrigação	Condução da irrigação de acordo com recomendações técnicas	Lei Federal Nº 12.787/2013	Aplicar a lâmina de irrigação adequada de acordo com as recomendações técnicas para a cultura.
Social	IS1- Grau de instrução	Nível educacional.	Lei Federal Nº 9.394/96	Possuir níveis de escolaridade a partir do médio completo.
	IS2- Serviços públicos	Saneamento básico.	Lei Federal Nº 11.445/07	População com acesso a saneamento básico.
	IS3- Assistência técnica	Acesso a cursos destinados aos produtores, auxílio técnico na lavoura.	Lei Federal Nº 12.188/2010	Produtor com acesso a serviços de ATER.
	IS4- Organização social	Participação em cooperativa e ou associação.	Lei Federal Nº 11.326/06; Lei Federal Nº 8.171/91	Agricultor fizer parte de cooperativa ou associação.
	IS5- Uso de EPI	Utilização de equipamento de proteção individual ao manusear agroquímicos.	Decreto Nº 4.074/2002	EPIs forem utilizados na aplicação de agroquímicos.
Econômica	IE1- Comercialização dos produtos	Vendas por meio da cooperativa, atravessador, venda direta dos produtos.	Lei Federal 8.171/91	Produtos vendidos por meio de cooperativa/associações ou feiras.
	IE2- Planejamento econômico	Gestão econômica das atividades e planejamento das finanças.	Lei Federal Nº 11.326/06	Realizar o planejamento econômico.
	IE3- Fonte de renda	Benefícios sociais.	Constituição Federal	Principal fonte de renda ser proveniente da atividade agrícola, podendo ser complementada por aposentadoria e salário.
	IE4- Renda familiar	Renda mensal em faixas salariais.	Lei Federal (11.326/06)	Renda compreendida entre as seguintes faixas: 3 a 4, 4 a 5, acima de 5 salários mínimos.

Fonte: elaborado pela autora, 2025.

Após a realização do levantamento dos dados, a não disponibilidade dos dados de fornecimento de água de irrigação por unidade de área irrigada (m³/ha), e de fornecimento anual relativo de água para irrigação impossibilitou a mensuração de indicadores técnicos.

Rodríguez *et al.* (2008) em sua pesquisa utilizando um conjunto de indicadores desenvolvidos pelo Programa Internacional de Tecnologia e Pesquisa em Irrigação e Drenagem (IPTRID) – FAO, que tem como missão o desenvolvimento de capacidades nos sistemas e setores de irrigação e drenagem, constataram que indicadores técnicos de gestão de uso da água, como os que foram propostos na presente pesquisa, são ferramentas fundamentais para o controle e melhoria dos distritos de irrigação. De acordo com os autores, a utilização dessas ferramentas possibilita determinar melhores práticas aplicadas em zonas irrigáveis e adaptá-las para as zonas menos favorecidas, a fim de obter melhorias e ampliar o desenvolvimento.

Para Muema *et al.* (2018), a utilização dos indicadores do IPTRID, para mensuração do desempenho da prestação de serviços em abastecimento hídrico para irrigação, permitiu analisar a gestão de projetos públicos de irrigação no Kenya. Os autores verificaram que os sistemas de irrigação avaliados fornecem água suficiente para a demanda agrícola da região, porém apresentam baixa eficiência no uso dos recursos hídricos, além de não serem financeiramente autossuficientes, decorrente do fato de que a tarifa cobrada pelo uso da água não cobrir os custos operacionais. Para melhorar o desempenho desses projetos, os autores constataram que é fundamental a adoção de uma sistemática de coleta e gestão de dados, que permita o monitoramento mais eficaz, além de auxiliar gestores na formulação de estratégias para otimizar a eficiência e sustentabilidade desses sistemas. Ademais, o não conhecimento desses dados, por parte da empresa gestora do perímetro Califórnia, denota a falta de comprometimento com o desenvolvimento e o uso sustentável dos recursos hídricos disponíveis, além de demonstrar fragilidade nos processos internos de gestão da empresa.

Foi realizada a inserção do indicador “Manejo da irrigação” na dimensão ambiental, que mensura o quantitativo de agricultores irrigantes que aplicam irrigação de acordo com as recomendações técnicas, baseando-se na necessidade das culturas implementadas no lote e da drenagem do solo. O uso reiterado da irrigação sem maiores critérios mostrou-se exagerado no Califórnia. O controle da irrigação no local é feito utilizando o critério do turno de rega, em que os agricultores estabelecem a quantidade de 1 h para cada linha de aspersores, o que por vezes provoca o encharcamento dos solos (Santos, 2019b). Os registros fotográficos de áreas que apresentam pontos de encharcamento encontram-se no Apêndice C.

A aplicação correta da lâmina de água necessária é fundamental, em vista que o uso em excesso desse recurso acarreta problemas ao solo e às plantas. Souza *et al.* (2000) reforçam que,

em áreas agricultáveis irrigadas o processo de salinização pode ocorrer mesmo em solos que tenham boas características de drenagem, com alerta especial para situações em que não existe manejo adequado do solo e da água. De acordo com Lopes *et al.* (2008) em sua pesquisa no Distrito Irrigado Araras Norte, Ceará, o excesso de aplicação da lâmina d'água na irrigação apresentou maior predisposição ao risco de salinização em todas as camadas do solo estudadas.

Na Tabela 2 podem ser observados os valores das médias ponderadas calculadas para cada indicador, bem como o valor de cada eixo adimensionalizado (Vpn), a partir da metodologia de Calório (1997) adaptada por Faccioli e Gomes Filho (2021).

Tabela 2 - Itens, índices e valores dos indicadores em médias ponderadas (Mp) e de Vpn (valor de cada eixo adimensionalizado), pela metodologia de Calório (1997) do Perímetro Irrigado Califórnia, Sergipe.

Item	Índice	Mp	Vpn
Indicadores Ambientais			
Qualidade da água	A1	100,00	6,2483978
Áreas de Preservação Ambiental	A2	0,00	2,201183498
Monitoramento do solo	A3	47,21	4,11173623
Uso de agroquímicos	A4	47,26	4,113945709
Manejo de irrigação	A5	49,85	4,218769996
Indicadores Sociais			
Grau de escolaridade	S1	49,58	4,207792346
Serviços Públicos	S2	0,00	2,201183498
Assistência Técnica	S3	65,88	4,867662206
Organização social	S4	44,03	3,98329571
Uso de EPI	S5	50,20	4,233035311
Indicadores Econômicos			
Comercialização de Produtos	E1	39,67	3,806689995
Planejamento Econômico	E2	42,71	3,929778827
Fonte de Renda	E3	62,05	4,712463244
Renda Familiar	E4	40,12	3,825065777
Média		45,61	
Desvio Padrão		24,71	

Fonte: elaborado pela autora, 2025.

Na Tabela 3 observa-se o memorial de cálculo do Índice de Sustentabilidade de Calório (1997) e o valor do Índice de Faccioli e Gomes Filho (2021), bem como o arranjo fatorial escolhido para a relação dos indicadores.

Tabela 3 - Cálculo do índice de sustentabilidade Calório (1997), com valor de cada eixo

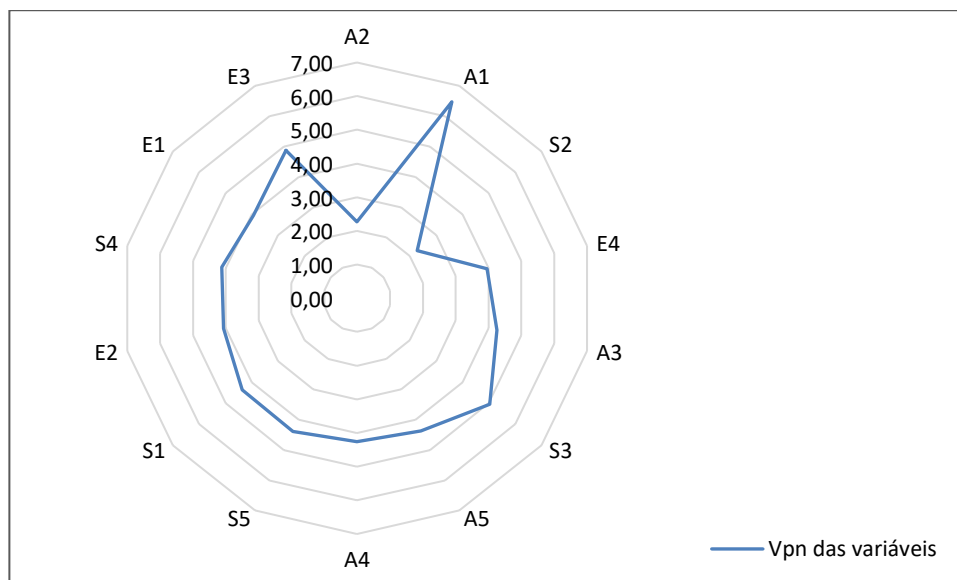
adimensionalizado (Vpn), lado faltante do triângulo (Dn), semiperímetro (Pn) e área de cada triângulo (Sn).

Ordem	Valores	Vpn		
A2	0,00	2,27	-	-
A1	100,00	6,47	-	-
S2	0,00	2,27	-	-
E4	40,12	3,96	-	-
A3	47,21	4,26	-	-
S3	65,88	5,04	-	-
A5	49,85	4,37	-	-
A4	47,26	4,26	-	-
S5	50,20	4,38	-	-
S1	49,58	4,36	-	-
E2	42,71	4,07	-	-
S4	44,03	4,12	-	-
E1	39,67	3,94	-	-
Vpn	Dn	Pn	Sn	Ordem
2,27	4,531929	6,63931	3,19465	A2
6,47				A1
6,47	4,531929	6,63931	3,19465	A1
2,27				S2
2,27	2,149737	4,1915	1,95403	S2
3,96				E4
3,96	1,851443	5,03315	3,65642	E4
4,26				A3
4,26	2,205977	5,75109	4,6552	A3
5,04				S3
5,04	2,19442	5,80082	4,77662	S3
4,37				A5
4,37	1,922941	5,27421	4,03575	A5
4,26				A4
4,26	1,927077	5,28368	4,04942	A4
4,38				S5
4,38	1,945145	5,34138	4,14198	S5
4,36				S1
4,36	1,89592	5,1595	3,84467	S1
4,07				E2
4,07	1,823936	5,00709	3,63915	E2
4,12				S4
4,12	1,803577	4,93307	3,52492	S4
3,94				E1
3,94	2,166206	5,49253	4,17152	E1
4,88				E3
4,88	2,997295	5,07547	2,40833	E3
2,27				A2
Índice de Sustentabilidade de Calório		51,2473		
Índice de Sustentabilidade Faccioli		16,9379		

Fonte: dados da pesquisa, 2025.

Observa-se ao analisar a Figura 22 que a maior dificuldade se encontra no eixo representado pela relação entre os indicadores: Serviços Públicos (S2), Renda Familiar (E4).

Figura 22 - Gráfico do Índice de sustentabilidade de Calório (1997)



Fonte: dados da pesquisa, 2025.

Nesta relação, o indicador mais insustentável é o relacionado aos serviços públicos de saneamento, aos quais a população do Califórnia não tem acesso, sendo assim, os entrevistados relataram utilizar a água não tratada destinada pelo projeto para irrigação como fonte para beber, cozinhar e realizar higiene pessoal. Nessa perspectiva, apesar do indicador da qualidade da água (A1) obter média 100% e ser considerado sustentável, ela não é destinada para consumo humano, por se tratar de água bruta proveniente do Rio São Francisco. Ademais, ao se tratar do consumo humano, a água deve apresentar características sanitárias adequadas, em que deve ser potável, limpa, sem substâncias tóxicas e organismos patogênicos.

Resultados semelhantes ao da presente pesquisa foram encontrados por Silva (2016), em que a população do perímetro Poção da Ribeira não tem acesso à rede de saneamento básico. Foi associado pelo autor que o lançamento de efluentes domésticos sem tratamento, juntamente ao uso de fertilizantes tem sido relatado como fonte principal de contaminação de corpos hídricos em reservatórios. O baixo acesso ao saneamento básico reflete no risco de contaminação microbiológica, em que aponta teores de coliformes termotolerantes acima do normatizado pela legislação em vigor para água doce classe 1.

Em sua pesquisa sobre o perfil social e agrícola do Perímetro Califórnia, Costa (2015) também relatou sobre a situação do abastecimento público de água para os agricultores:

De acordo, com as entrevistas realizadas com os agricultores do perímetro irrigado Califórnia a água utilizada para fins de consumo, seja para dessedentação animal ou

humano, nos lotes é a mesma usada para fins de irrigação, sendo que a maior parte dos mesmos não fazem uso de nenhum meio de tratamento. A reclamação é que ocorre um elevado índice de poluição das águas, com destaque para os canais abertos que atravessam a zona semiurbana da sede de Canindé do São Francisco, acarretando em problemas de saúde para os irrigantes e seus familiares (Costa, 2015, p.31).

Com base no exposto, faz-se necessário a implementação de abastecimento público de água, a fim de garantir água de qualidade própria ao consumo humano para a população do Califórnia.

Nota-se a influência da renda familiar sobre o acesso aos serviços públicos, uma vez que alguns dos agricultores com maior poder aquisitivo utilizam o lote apenas como uma unidade produtiva, ou seja, não fazem residência nela (13% dos entrevistados), sendo assim esses têm acesso a saneamento básico em sua residência na cidade. Ademais, alguns outros não consomem a água que chega para irrigação, mas sim compram e trazem a água da cidade.

Observa-se na Tabela 3 que a relação entre os indicadores de Serviço Público (S2) e Renda familiar (E4) foi a que apresentou a menor área do triângulo (Sn), indicando ser a relação mais insustentável. A Tabela 4 apresenta o índice de sustentabilidade calculado, bem como a área mais limitante, em que evidencia qual relação de indicadores está mais fragilizada, que necessitam maior urgência em ações mitigadoras.

Tabela 4 - Índice de sustentabilidade (Calorio, 1997) adaptado [ISC], área mais limitante (AML), e classificação do nível de sustentabilidade [CS] para o Perímetro Irrigado Califórnia.

Local	ISC	AmL	CS
Perímetro Califórnia	16,9379	S2/E4	Péssimo

Fonte: dados da pesquisa, 2025.

Ao utilizar o mesmo procedimento metodológico, Santos (2019a) observou em seu estudo “Indicadores Socioambientais do Alto Sertão Sergipano e Suas Relações de Poder e Convivência com a Seca” no recorte espacial do município de Poço Redondo, ao lado de Canindé, que a área mais limitante também estava atrelada à fonte de água potável da população e sua fonte de renda. Essas constatações demonstram a fragilidade à qual a população do alto sertão sergipano, especificamente desses dois municípios vizinhos, está sujeita no tocante à serviços essenciais e sua vulnerabilidade financeira.

A gestão econômica da propriedade rural é um pilar fundamental para o bom funcionamento da unidade produtiva, uma vez que com um bom planejamento econômico e controle direto do fluxo de caixa as chances de aumento da renda familiar.

Santos (2019b), em sua pesquisa sobre o Califórnia, observou a ausência de

acompanhamento e controle da produção por parte dos irrigantes. O autor concluiu que essa realidade reflete o baixo nível cultural dos agricultores, despreparo e falta de orientação técnica para o desenvolvimento de atividades de controle da produção. Santos baseou suas conclusões em estudos que demonstraram que 71,6% dos produtores revelaram que não realizam tal controle de forma sistemática de modo a avaliar o custo de produção dos produtos cultivados em seus lotes. Essa realidade está facilmente atrelada à organização social, uma vez que quando os agricultores familiares não estão organizados em cooperativas e associações, de maneira geral seus ganhos tendem a ser menores.

Em sua pesquisa a respeito do cooperativismo no Brasil, Silva e Nunes (2022) verificaram a baixa participação de produtores agropecuários em associações e cooperativas, com destaque especial para um percentual ainda menor entre os estabelecimentos de agricultura familiar nas regiões Norte e Nordeste do país, bem como entre produtores que têm menor renda. Os autores associam alguns fatores relacionados à baixa participação, sendo os principais o tamanho da propriedade, a baixa escolaridade e a faixa de renda. Verificaram que o cooperativismo agropecuário interfere diretamente na viabilização da comercialização da produção, que reflete na ampliação da renda obtida no estabelecimento, além de auxiliar no acesso a serviços de assistência técnica e extensão rural.

Ao analisar a Tabela 3, observa-se que a relação entre os indicadores que apresenta a segunda menor área do triângulo é representada pelo eixo "Fontes de Renda" (E3) e "Áreas de Preservação Ambiental" (A2). Essa dinâmica pode ser justificada pelo fato de que 74,5% dos entrevistados alegaram que sua principal fonte de renda provém das atividades agrícolas. Esses dados, aliados ao arcabouço teórico previamente discutido, sugerem uma relação direta entre a exploração agrícola e a degradação ambiental na região, especialmente entre os agricultores em que os lotes fazem limite com áreas de preservação.

Essa associação reforça a relevância de políticas públicas e práticas de manejo sustentável, conforme preconizado pelo Código Florestal. Ademais, estudos recentes como os de Ferreira e Coelho (2015) e o de Sauer (2024) apontam para a realidade de que a intensificação agrícola, sem a devida fiscalização, quando não acompanhada por práticas de conservação ambiental, pode levar ao desmatamento e à degradação do solo. Desta maneira, faz-se imprescindível a implementação de estratégias que conciliem a produtividade agrícola com a preservação ambiental.

No tocante ao indicador manejo de irrigação, de acordo com Araújo (1997), o volume de água aplicado no Califórnia determina a lixiviação de nutrientes e a ocorrência de processos de erosão e salinização dos solos do Perímetro. Em sua pesquisa Santos (2019b) obteve dados

da administração do perímetro Irrigado Califórnia, em que admitiu a existência de 42 lotes com problemas de salinização, numa área estimada de 2% da área total do Perímetro. O autor considerando suas observações diretas na área e levando em consideração os resultados das análises químicas realizadas por Araújo (1997), inferiu tratar-se de uma área maior, uma vez que segundo ele pode não estar sendo contabilizadas as áreas salinizadas que a empresa na área destinada como reserva.

Aliando-se também aos impactos citados anteriormente, a perda da mata ciliar e o desmatamento é outro fator que contribui para erosão e o assoreamento, consequentemente compromete a qualidade das águas, provocando poluição hídrica

Com o intuito promover o desenvolvimento sustentável no projeto público de irrigação, denominado Perímetro Irrigado Califórnia, em Sergipe, recomenda-se as seguintes ações:

Com relação ao saneamento básico no local, recomenda-se alicerçar-se na legislação vigente, em que a Lei Federal Nº 11.445/2007 reforça a importância da conexão das residências às redes públicas abastecimento de água, onde disponíveis. Sendo assim, a implementação de sistema de abastecimento de água tratada pode ser realizada após estudos de viabilidade técnica e de impacto ambiental, em que ocorreria a instalação de dutos conectando a água tratada distribuída na cidade de Canindé de São Francisco pela Companhia de Saneamento de Sergipe – DESO, à comunidade do Califórnia. Outra alternativa, de menor custo, porém eficaz, seria a implementação de cisternas nos lotes que não foram contemplados com as mesmas, a fim de captar e armazenar água das chuvas. O Programa Cisternas criado por meio do Governo Federal visa ampliar o acesso a água, em que se configura como uma tecnologia de baixo custo que beneficia comunidades do semiárido.

No tocante às áreas de preservação ambiental recomenda-se que haja iniciativa do Governo do Estado com a criação (ou expansão) de programa voltado para o reflorestamento e incorporação de espécies nativas, a fim de reduzir o impacto na modificação da paisagem caatinga gerado pela implementação de perímetros irrigados no semiárido. Ademais, se faz importante a elaboração de um planejamento integrado entre o governo e a comunidade, visando à implantação de um programa racional de utilização e conscientização a cerca da importância da preservação dos recursos naturais (solo, água, vegetação).

Outra demanda seria a ampliação do quadro de profissionais especializados (técnicos) da CODERSE, para prestar assistência técnica de maior qualidade e com mais frequência aos produtores. O objetivo dessa recomendação seria o de maximizar a produção, reduzir perdas, otimizar os meios de produção, aumentar os ganhos do produtor e conduzir a agricultura praticada no perímetro para um caminho mais sustentável. Os serviços de ATER são o ponto

chave para o desenvolvimento de qualquer projeto público que desenvolve agricultura, uma vez que impactam diretamente toda a cadeia produtiva dentro do lote, desde o uso de insumos até a necessidade de irrigação para cada cultura, além de auxiliar com a gestão eficiente da propriedade, a fim de auxiliar o produtor na tomada de decisões mais assertivas.

Outra iniciativa integrada por meio de ATER seria o incremento da escolaridade dos produtores através de um sistema de ensino inserido na realidade local, que respeite as particularidades deste sistema produtivo. Além de buscar formas de conseguir um preço melhor de venda da produção e reduzir a dependência por atravessadores, ou seja, aumentar a rentabilidade deste processo produtivo, uma vez que o indicador “Comercialização dos Produtos” se mostrou o mais distante da sustentabilidade (100%), dentro da dimensão econômica.

4 CONSIDERAÇÕES FINAIS

O projeto público de irrigação, denominado Perímetro Irrigado Califórnia, situado na cidade de Canindé de São Francisco, implementado em 1987 no semiárido sergipano com foco no desenvolvimento da região, apesar das dificuldades enfrentadas e expostas na presente pesquisa, cumpre com seu papel no tocante à viabilização dos meios de produção para a população agrícola da região.

Os resultados obtidos permitiram responder as questões de pesquisa levantadas anteriormente, além de testar e verificar a veracidade das hipóteses levantadas. A seleção dos indicadores de sustentabilidade trabalhados na presente pesquisa, aliados à aplicação da metodologia de Calório (1997), possibilitou caracterizar a condição de sustentabilidade do Califórnia. Os resultados apontam que a gestão e a falta de capacidade técnica dos agricultores influenciam diretamente a sustentabilidade do perímetro, bem como o uso dos indicadores permitiu identificar e caracterizar as debilidades econômicas e socioambientais do local.

A presente pesquisa ressalta a importância da avaliação dos indicadores de sustentabilidade no Perímetro Califórnia, em que evidencia aspectos críticos que afetam sua viabilidade socioeconômica e ambiental. A análise dos dados coletados permitiu comprovar as hipóteses iniciais do estudo, demonstrando que tanto a gestão do perímetro quanto a capacitação técnica dos agricultores influenciam diretamente a sustentabilidade local. Além disso, a utilização dos indicadores selecionados possibilitou identificar e caracterizar as principais fragilidades das dimensões ambiental, econômicas e social do sistema, contribuindo para uma visão integrada de sua dinâmica.

Os resultados apontaram que a principal dificuldade do perímetro, atualmente, está presente na relação entre os indicadores de Serviços Públicos e Renda Familiar. A ausência de acesso a serviços básicos, como saneamento, foi um dos principais problemas identificados, visto que a população local utiliza água bruta proveniente do Rio São Francisco para consumo, apesar de essa não atender aos padrões sanitários adequados. Esse achado ressalta a necessidade urgente da implementação de um sistema de abastecimento público de água, garantindo qualidade e segurança para o consumo humano.

No tocante à Renda Familiar, a pesquisa evidenciou a influência da renda no acesso à serviços públicos. Agricultores com maior poder aquisitivo demonstraram maior capacidade de mitigar os impactos da precariedade dos serviços públicos locais, seja por não residirem no perímetro, ou ao adquirirem água potável na cidade. Ademais, a relação entre os indicadores Fontes de Renda e Áreas de Preservação Ambiental revelou a forte dependência da população

local com a atividade agrícola, o que pode intensificar a degradação ambiental em áreas de preservação e modificação das paisagens. Esses dados destacam a necessidade de políticas públicas voltadas à promoção de práticas agrícolas sustentáveis e à preservação dos recursos naturais, em consonância com o Código Florestal.

No que diz respeito às limitações da pesquisa, a impossibilidade de mensuração dos indicadores técnicos do sistema de irrigação, devido à ausência de dados por parte da empresa gestora do perímetro, constitui um fator significativo. A falta de acesso a essas informações compromete a realização de uma gestão eficiente dos recursos hídricos, evidenciando fragilidades institucionais e a ausência de compromisso efetivo com a sustentabilidade do sistema. A literatura especializada reforça que indicadores técnicos são fundamentais para o controle e a melhoria dos distritos de irrigação, a fim de garantir a sustentabilidade desses perímetros irrigados. Desta maneira, a utilização de indicadores de desempenho técnico, que quantificam os serviços prestados por parte das entidades gestoras, seria crucial para comunicar informações de maneira objetiva e transparente, além de possibilitar uma gestão mais eficiente dos recursos naturais finitos. A falta de acompanhamento desses dados por meio da empresa expõe uma severa falha nos processos internos de gestão, e operação dos serviços prestados pelo Estado.

As contribuições desta pesquisa, para a área de indicadores de sustentabilidade, incluem a elucidação da importância da integração de diferentes variáveis socioeconômicas e ambientais na avaliação de sistemas irrigados. O estudo reforça a relevância de metodologias que permitam mensurar não apenas a eficiência hídrica, mas também os impactos sociais, ambientais e econômicos da irrigação, fornecendo subsídios para a formulação de políticas públicas mais eficazes. Diante dos desafios identificados, esta pesquisa também contribui para o debate sobre a sustentabilidade dos perímetros irrigados no Brasil, destacando a relevância da governança dos recursos hídricos e da implementação de políticas públicas voltadas à melhoria da qualidade de vida da população local.

Para estudos futuros, sugere-se a ampliação do escopo da pesquisa, a fim de incluir avaliações mais detalhadas sobre os impactos da gestão hídrica e o desenvolvimento de estratégias para otimizar a eficiência dos perímetros irrigados, promover a conservação dos recursos naturais e incrementos nas estratégias para ampliar o acesso à serviços básicos para a população.

REFERÊNCIAS

- AGUIAR NETTO, A. de O.; GOMES, C. C. S.; LINS, C. C. V.; BARROS, A. C.; CAMPECHE, L. F. de S. M.; BLANCO, F. F. Características químicas e salino-sodicidade dos solos do Perímetro Irrigado Califórnia, SE, Brasil. **Ciência Rural**, v.37, p.1640- 1645, 2007.
- AYALA, Laura Miguel; VAN EUPEN, Michiel; ZHANG, Guoping; PÉREZ-SOBA, Marta; MARTORANO, Lucieta G.; LISBOA, Leila S.; BELTRAO, Norma E. Impact of agricultural expansion on water footprint in the Amazon under climate change scenarios. **Science of the Total Environment**, v. 570, p. 1159-1173, 2016.
- DE AMORIM, Julio RA; CRUZ, Marcus AS; RESENDE, Ronaldo S. Qualidade da água subterrânea para irrigação na bacia hidrográfica do Rio Piauí, em Sergipe. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 14, p. 804-811, 2010.
- BELLAMY, Jennifer A; WALKER, Daniel H; MCDONALD, Geoffrey T; SYME, Geoffrey J. A systems approach to the evaluation of natural resource management initiatives. **Journal of environmental management**, v. 63, n. 4, p. 407-423, 2001.
- BJORNLUND, Henning; WHEELER, Sarah Ann. Exploring some of the socio-economic realities of sustainable water management in irrigation: an overview. **Agricultural Water Management**, [S.L.], v. 145, p. 1-4. Elsevier BV, 2014.
- BRASIL. INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Indicadores de desenvolvimento sustentável**. Rio de Janeiro: Coordenação de Recursos Naturais e Estudos Ambientais [E] Coordenação de Geografia., 2015. 352 p. Disponível em: <https://biblioteca.ibge.gov.br/visualizacao/livros/liv94254.pdf>. Acesso em: 25 jan. 2024.
- BRASIL. Ministério da Integração Nacional. **Plano estratégico de desenvolvimento sustentável do semiárido**. Brasília, DF: Ministério da Integração Nacional 2005.
- CALÓRIO, Maria Claudia. Análise da sustentabilidade em estabelecimentos agrícolas familiares no Vale do Guaporé/MT. Dissertação (Mestrado) - Programa de Pós-Graduação em Agricultura Familiar, Faculdade de Agricultura e Medicina Veterinária da Universidade Federal de Mato Grosso, Cuiabá. 1997.
- CARVALHO, Renata Maria C. M. de Oliveira. **Avaliação dos perímetros de irrigação na perspectiva da sustentabilidade da agricultura familiar no semiárido pernambucano**. Tese (Doutorado em Engenharia Civil) – Universidade Federal de Pernambuco, 2009.
- CASTRO, César Nunes. **Sobre a agricultura irrigada no semiárido: uma análise histórica e atual de diferentes opções de política**. Texto para Discussão, 2018.
- CAVALCANTI, Enilson P.; SILVA, Vicente de P. R.; SOUSA, Francisco de A. S. Programa computacional para a estimativa da temperatura do ar para a Região Nordeste do Brasil. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 10, n. 1, p. 140-147, 2006.
- CODEVASF, Companhia de Desenvolvimento dos Vales do São Francisco e do Parnaíba. Mapeamento temático de uso da terra no Baixo São Francisco. Brasília/DF, 2006.

COSTA, Aldjane Moura. **Perfil social e agrícola do perímetro irrigado Califórnia – Sergipe**. Dissertação (mestrado em Recursos Hídricos) - Universidade Federal de Sergipe, 2015.

SILVA, Sérgio Souza; ANTONIAZZI, Elisiane Aparecida; NOVAK, Maricléia Aparecida Leite. O Pronaf como instrumento de fixação do agricultor familiar no campo, evitando o êxodo rural. **Desenvolvimento Socioeconômico em Debate**, v. 5, n. 2, p. 66-93, 2019.

DE AMORIM, Julio R.; RESENDE, Ronaldo. S.; CRUZ, Marcos A., BASSOI, Luis H.; SILVA FILHO, José G. Eficiência de uso da água em nível de parcela no perímetro irrigado Califórnia, em Sergipe. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA AGRÍCOLA, 60., 2011. Disponível em: <http://www.alice.cnptia.embrapa.br/alice/handle/doc/910994>. Acesso em: 15 fev. 2024.

ESTEVAM, Stênio Maia; DOS SANTOS MONTEIRO, Anailza Feitoza; DA SILVA ARAÚJO, Douglas. Planejamento estratégico aplicado ao processo de desenvolvimento sustentável no perímetro irrigado no município de Pau dos Ferros/RN. **Revista Brasileira de Administração Científica**, v. 12, n. 1, p. 232-245, 2021.

FACCIOLI G. G.; GOMES FILHO, R. R. Livro: **Agricultura irrigada no Brasil: recursos hídricos e sustentabilidade**. Capítulo: Índice de Sustentabilidade: contribuições das ciências ambientais na agricultura irrigada. P. 195 – 214. 2021.

FEIL, Alexandre André; SCHREIBER, Dusan. Análise dialógica dos níveis, dimensões e indicadores de sustentabilidade. **Revista Brasileira de Gestão Ambiental e Sustentabilidade**, v. 6, n. 13, p. 317-333, 2019.

FERREIRA, Marcelo Dias Paes; COELHO, Alexandre Bragança. Desmatamento Recente nos Estados da Amazônia Legal: uma análise da contribuição dos preços agrícolas e das políticas governamentais. **Revista de Economia e Sociologia Rural**, v. 53, p. 91-108, 2015.

FIRCHOW, Pamina; GINTY, Roger Mac. Measuring peace: Comparability, commensurability and complementarity using bottom-up indicators. **International Studies Review**, v. 19, n. 1, p. 6-27, 2017.

FOPPEL, Ernesto Frederico da Costa. Determinação de um índice de sustentabilidade no estuário do rio Vaza Barris, litoral sul do Estado de Sergipe. Tese (Doutorado em Desenvolvimento e Meio Ambiente) – Universidade Federal de Sergipe, 2018.

GALLOPIN, Gilberto Carlos. Environmental and sustainability indicators and the concept of situational indicators. A system approach. **Environmental Modelling & Assessment**, v.1, p.101-117, 1996.

GREGORY, Robert J. **General Systems Theory: A Framework for Analysis and Social Change**. <http://wsarch.ucr.edu/archive/papers/gregory/gensysTh.html>. Acesso em: 15 nov. 2023.

HOLANDA, J. S. de; AMORIM, J. R. A. de; FERREIRA NETO, M.; HOLANDA, A. C. de. Qualidade da água para irrigação. In: Gheyi, H. R.; Dias, N. da S.; Lacerda, C. F. de. (ed.) **Manejo da salinidade na agricultura: estudos básicos e aplicados**. Fortaleza: INCTSal, 2010. cap.4, p.43-61.

IGLESIAS, Ana; GARROTE, Luis. Adaptation strategies for agricultural water management under climate change in Europe. **Agricultural Water Management**, v. 155, p. 113-124, 2015.

JUWANA, Iwan; MUTTIL, Nitin; PERERA, B. J. C. Indicator-based water sustainability assessment—A review. **Science of the total environment**, v. 438, p. 357-371, 2012.

Lahtinen, K.; Myllyviita, T.; Leskinen, P.; Pitkänen, S. K. A systematic literature review on indicators to assess local sustainability of forest energy production. **Renewable and Sustainable Energy Reviews**, v. 40, p. 1202- 1216, 2014.

LOPES, José FB; ANDRADE, Eunice M. de; CHAVES, Luiz CG. Impacto da irrigação sobre os solos de perímetros irrigados na Bacia do Acaraú, Ceará, Brasil. **Engenharia Agrícola**, v. 28, p. 34-43, 2008.

MCCOOL, Stephen F.; STANKEY, George H. Indicators of sustainability: challenges and opportunities at the interface of science and policy. **Environmental management**, v. 33, p. 294-305, 2004.

MELO, Daniela Montes; FERNANDES, Farley Claudiano; COSTA, Simone Teles da Silva; SILVA, Márcia Rodrigues Luiz da; ROBERTO FILHO, Mário; CHAVES, Paulo Victor Antônio. A importância da gestão rural e da sustentabilidade em pequenas propriedades rurais. **Revista GeTeC**, v. 10, n. 31, 2021.

MILHORANCE, Carolina; MENDES, Priscylla; MESQUITA, Patricia; MORIMURA, Michelle; REIS, Rafael; RODRIGUES FILHO, Saulo; BURSZTYN, Marcel. O desafio da integração de políticas públicas para a adaptação às mudanças climáticas no semiárido brasileiro. **Revista Brasileira de Climatologia**, 2019.

MRE. Ministério das Relações Exteriores: **Agenda 2030 para o Desenvolvimento Sustentável**. Disponível em <https://www.gov.br/mre/pt-br/delbrasonu/desenvolvimento-sustentavel-e-meio-ambiente/agenda-2030-para-o-desenvolvimento-sustentavel>. 2022. Consultado em 03/02/2024.

MUEMA, Faith M.; HOME, Patrick G.; RAUDE, James M. Application of benchmarking and principal component analysis in measuring performance of public irrigation schemes in Kenya. **Agriculture**, v. 8, n. 10, p. 162, 2018.

NHAMPOSSA, Julieta Augusto. **Indicadores de sustentabilidade do Perímetro Irrigado de Betume**. Dissertação (mestrado em Recursos Hídricos) – Universidade Federal de Sergipe, 2015.

OECD. **Organization for Economic Cooperation and Development**: core set of indicators for environmental performance reviews; a synthesis report by the group on the State of the environment. Paris, 1993.

OECD/FAO (2024), OECD-FAO Agricultural Outlook 2024-2033, OECD Publishing, Paris/FAO, Rome, <https://doi.org/10.1787/4c5d2cfb-en>.

PIRES, A.; MORATO, J.; PEIXOTO, H.; BOTERO, V.; ZULUAGA, L.; FIGUEROA, A. Sustainability Assessment of indicators for integrated water resources management. **Science of the total environment**, v. 578, p. 139-147, 2017.

PONTES, Andrezza Graziella Veríssimo; GADELHA, Diego; FREITAS, Bernadete Maria Coêlho; RIGOTTO, Raquel Maria; FERREIRA, Marcelo José Monteiro. Os perímetros irrigados como estratégia geopolítica para o desenvolvimento do semiárido e suas implicações à saúde, ao trabalho e ao ambiente. **Ciência & Saúde Coletiva**, v. 18, p. 3213-3222, 2013.

PONTES, Renato Ferreira de Lucena. **Usos múltiplos da água e sustentabilidade hídrica no entorno de barragens de regiões semiáridas**. Dissertação (mestrado em Desenvolvimento e Meio Ambiente) – Universidade Federal de Pernambuco, 2010.

PORTOGHESE, Ivan; D'AGOSTINO, Daniela; GIORDANO, Raffaele; SCARDIGNO, Alessandra; APOLLONIO, Ciro; VURRO, Michele. An integrated modelling tool to evaluate the acceptability of irrigation constraint measures for groundwater protection. *Environmental modelling & software*, v. 46, p. 90-103, 2013.

RABELO, Laudemira. Silva. LIMA, Patrícia. V.P. Sales. Indicadores de sustentabilidade: A Possibilidade Da Mensuração Do Desenvolvimento Sustentável. REDE – **Revista Eletrônica do Prodema**, Fortaleza, v. 1, n.1, p 55-76, dez. 2007. ISSN 1982-5528.

REIS, Carlos Vinícius Santos; MOREIRA, Tito Belchior Silva; CUNHA, George Henrique de Moura. O efeito marginal do capital humano na agricultura familiar. **Revista Espacios**, v. 38, n. 23, p. 8, 2017.

RESENDE, Ronaldo S.; AMORIM, Julio R. A.; CRUZ, Marcus A. S.; MENESES, Thais N.. Distribuição espacial e lixiviação natural de sais em solos do Perímetro Irrigado Califórnia, em Sergipe. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, [S.L.], v. 18, n., p. 46-52, 2014.

RODRIGUES, Lineu Neiva; TORRES, Marcelo. Metodologia para estimativa da vazão natural em pequenas bacias hidrográficas com barragens e canais de irrigação sem controle de vazão. **Embrapa Cerrados**, Brasília, DF. 2015. Disponível em: <https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/doc/1039612/1/PAP020642.pdf>

RODRÍGUEZ-DÍAZ, J. A., CAMACHO-POYATO, E., LOPEZ-LUQUE, R., & PÉREZ-URRESTARAZU, L. Benchmarking and multivariate data analysis techniques for improving the efficiency of irrigation districts: an application in Spain. **Agricultural systems**, v. 96, n. 1-3, p. 250-259, 2008.

ROMA, Júlio César. Os objetivos de desenvolvimento do milênio e sua transição para os objetivos de desenvolvimento sustentável. **Ciência e cultura**, v. 71, n. 1, p. 33-39, 2019.

SANTOS, Alane Regina Rodrigues dos. **Indicadores socioambientais do alto sertão sergipano: relações de poder e convivência com a seca**. Tese (doutorado em Desenvolvimento e Meio Ambiente) – Universidade Federal de Sergipe, 2019a.

SANTOS, Wesley Alves dos. **A barragem de Xingó e os impactos socioambientais no baixo São Francisco sergipano**. Tese (doutorado em Geografia) – Universidade Federal de Sergipe, 2019b.

SAUER, Sérgio. Questão eco-agrária: extrativismo agrário, mudanças climáticas e desmatamento no Brasil. **Revista nera**, v. 27, n. 2, p. e10185, 2024.

SERGIPE. Governo do Estado de Sergipe. Programa de desenvolvimento sustentável do

semi-árido sergipano. Documento conceitual do projeto. Aracaju, 2004. 133p.

SILVA, Carlos Henrique Tomé. Rio+ 20: Avaliação preliminar de resultados e perspectivas da conferência das Nações Unidas sobre desenvolvimento sustentável. In: **Brasil**.

Recuperado de <https://www12.senado.leg.br/publicacoes/estudos-legislativos/tipos-de-estudos/outras-publicacoes/temas-e-agendas-para-o-desenvolvimento-sustentavel/rio-20-avaliacao-preliminar-de-resultados-e-perspectivas-da-conferencia-das-nacoes-unidas-sobre-desenvolvim>. 2021.

SILVA, Paulo Silas. **Avaliação da sustentabilidade do perímetro irrigado Poção da Ribeira em Itabaiana, Sergipe**. Dissertação (mestrado em Recursos Hídricos) – Universidade Federal de Sergipe, 2016.

SILVA, Roberto Marinho Alves. Entre o combate à seca e a convivência com o semi-árido: transições paradigmáticas e sustentabilidade do desenvolvimento. Fortaleza: **Banco do Nordeste do Brasil**, 2010.

SILVA, Roberto Marinho Alves; NUNES, Emanuel Márcio. Agricultura familiar e cooperativismo no Brasil: uma caracterização a partir do Censo Agropecuário de 2017. **Revista de Economia e Sociologia Rural**, v. 61, n. 2, p. e252661, 2022.

SOUZA, Ana Clara Aparecida Alves de; POZZEBON, Marlei. Práticas e mecanismos de uma tecnologia social: proposição de um modelo a partir de uma experiência no semiárido. **Organizações & Sociedade**, v. 27, n. 93, p. 231-254, 2020.

SOUZA, Lázaro Costa de; QUEIROZ, José Elenildo; GHEYI, Hans Raj. Variabilidade espacial da salinidade de um solo aluvial no semi-árido paraibano. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 4, p. 35-40, 2000.

SPANGENBERG, Joachim H. Second order governance: learning processes to identify indicators. **Corporate Social Responsibility and Environmental Management**, v. 15, n. 3, p. 125-139, 2008.

TRAVASSOS, Ibrahim Soares; DE SOUZA, Bartolomeu Israel; DA SILVA, Anieres Barbosa. Secas, desertificação e políticas públicas no semiárido nordestino brasileiro. **Okara: Geografia em debate**, v. 7, n. 1, 2013.

UNESCO. **UN World Water Development Report**. Disponível em: <https://www.unesco.org/reports/wwdr/en/2024/s>. Acesso em: 14 mar. 2025.

VAN BELLEN, Hans Michael. **Indicadores de Sustentabilidade: Uma análise comparativa**. Tese (Doutorado em Engenharia de Produção) – Universidade Federal de Santa Catarina, 2002.

VITO, Rossella De; PAGANO, Alessandro; PORTOGHESE, Ivan; GIORDANO, Raffaele; VURRO, Michele; FRATINO, Umberto. Integrated approach for supporting sustainable water resources management of irrigation based on the WEFN framework. **Water resources management**, v. 33, p. 1281-1295, 2019.

WORLD WATER ASSESSMENT PROGRAMME (UNITED NATIONS); UN-WATER. **Water in a changing world**. 2009.

ZORTEA, Rafael Batista; MACIEL, Vinícius Gonçalves; PASSUELLO, Ana. Sustainability assessment of soybean production in Southern Brazil: A life cycle approach. **Sustainable Production and Consumption**, v. 13, n. 102, p 34-49, 2018.

APÊNDICES E ANEXOS

APÊNDICE A – Questionário para mensuração de indicadores ambientais, sociais, econômicos e técnicos em 2024 para o perímetro irrigado Califórnia no município de Canindé de São Francisco, Sergipe.

Questionário

Pesquisadora: Carla Tamilys Vasconcelos Araujo

Orientador: Raimundo Rodrigues Gomes Filho

Área de desenvolvimento da pesquisa: Perímetro Irrigado Califórnia, Canindé de São Francisco.

Pesquisa: Desenvolvimento no Semiárido: Avaliação da Sustentabilidade do Perímetro Irrigado Califórnia em Sergipe

Questionário Nº _____

Identificação do Lote: _____

Data: ____/____/____

DADOS PESSOAIS

Localidade/Município: _____

Nome do entrevistado(a): _____

Sexo: () Masculino () Feminino () Outro: _____

Faixa Etária

() de 20 a 30 anos () de 51 a 60 anos

() de 31 a 40 anos () de 61 a 70 anos

() de 41 a 50 anos () mais de 70 anos

Condição da moradia/lote:

() Proprietário (dono)

() Arrendado (aluguel)

() Outra: _____

Mora no lote?

() Sim () Não – Por quê? _____

Quando adquiriu a propriedade?

- () Com o início do projeto () Antes do projeto
 () Depois – Há _____ anos () Herança

Quantas pessoas vivem na residência?

- () 1 a 3 pessoas () de 4 a 6 pessoas () acima de 7 pessoas

Quem são?: _____

Já tinha experiência com irrigação?

- () Sim
 () Não – O que fazia antes? _____

Área total: _____ Área plantada: _____ Área irrigada: _____

Culturas	Área Ocupada	Produção

INDICADORES AMBIENTAIS**1. Percebe algum desses aspectos marcantes na água de irrigação?**

- () Cor
 () Cheiro
 () Gosto

Como? _____

2. Alguma vez já ouviu falar sobre desertificação, desmatamento, erosão e mudanças climáticas?

- () Sim () Não

3. Já presenciou alguém retirando a vegetação local para criação de animais ou

agricultura?

☐ Sim ☐ Não

4. Existem áreas com nascentes, rios, riachos, lagos, banhados, dentro da propriedade na área de plantio?

- ☐ Não
☐ Sim, protegidos
☐ Sim, existem, mas não protegidos

5. A respeito da reserva legal, como considera a situação do lote?

- ☐ Averbado
☐ Não averbado
☐ Isento - Motivo: _____
☐ Não sabe responder

6. Depende de madeira, fruto, animal do mato para alguma necessidade?

☐ Não ☐ Sim

De quê? _____

7. Já realizou análise química do solo da área plantada?

- ☐ Sim, com frequência – Qual frequência? _____
☐ Sim, já realizou
☐ Nunca

8. Existe algum dos seguintes aspectos no solo da área de plantio?

- ☐ Endurecimento ☐ improdutividade em partes do terreno
☐ Improdutividade de todo o terreno ☐ Nenhum

Outro: _____

9. Existe alguma das seguintes situações no solo da área do lote?

- ☐ Erosão e voçorocas sem controle
☐ Erosão e voçorocas com medidas de controle
☐ Nenhuma

10. Utiliza algum produto químico para controlar o mato na propriedade?

- ☐ Sim - Qual? _____
- ☐ Não

11. Utiliza algum produto químico para controlar as pragas da lavoura?

- ☐ Sim – Qual? _____
- ☐ Não

12. Utiliza algum produto químico para controlar as doenças das plantas?

- ☐ Sim – Qual? _____
- ☐ Não

13. Após o uso dos agrotóxicos, o que é feito com as embalagens?

- ☐ Reutiliza
- ☐ Descarta no mato
- ☐ Realiza a tríplex lavagem e devolve para a loja em que comprou
- ☐ Outro: _____

INDICADORES SOCIAIS**14. Grau de Escolaridade:**

- | | |
|---|--|
| ☐ Sem escolaridade | ☐ Médio completo |
| ☐ Fundamental incompleto | ☐ Superior incompleto |
| ☐ Fundamental completo | ☐ Superior completo |
| ☐ Médio incompleto | ☐ Pós-Graduação |

15. Qual a fonte de água que a família usa para beber, cozinhar e tomar banho?

- ☐ Água disponibilizada pelo projeto, a mesma destinada para irrigação
- ☐ Poço artesiano
- ☐ Cisterna
- ☐ Outra: _____

16. Você ou alguém de sua família já teve alguma doença relacionada à água como por exemplo: diarreia, esquistossomose, cólera, verminoses, ameba ou giardia?

☐ Sim ☐ Não

Quais? _____

17. A residência possui esgoto encanado?

☐ Sim

☐ Não – Para onde ele é destinado? _____

18. Você já fez ou faz algum curso que auxilie nas suas atividades agrícolas, realizado pelo governo?

☐ Sim – Quais? _____

☐ Não – Por quê? _____

19. Conta com apoio de profissional para recomendar boas práticas para a lavoura, solucionar problemas e indicar a compra de produtos químicos?

☐ Sim ☐ Não

Qual? _____

Caso tenha, segue as recomendações feitas pelo profissional?

☐ Sim

☐ Não – Por quê? _____

20. Você participa de alguma Associação ou Cooperativa?

☐ Sim – Qual? _____

☐ Não – Por quê? _____

21. O que usa para sua proteção pessoal no preparo e aplicação dos produtos químicos?

☐ Luva de borracha

☐ Máscara

☐ Óculos

☐ Capa

☐ Botas

☐ Não usa produtos químicos

☐ Nenhuma proteção – Por quê? _____

22. Existem problemas de saúde na família que possam ter origem no uso de produtos químicos?

☐ Sim ☐ Não Qual? _____

INDICADORES ECONÔMICOS

23. Como realiza a venda dos alimentos produzidos?

- ☐ Cooperativa ☐ Associação
☐ Atravessador ☐ Venda direta
☐

Outra: _____

24. Realiza planejamento econômico das atividades da propriedade?

- ☐ Sim
☐ Não - Por quê? _____

Caso realize, o planejamento econômico é feito por um profissional da área?

- ☐ Sim
☐ Não – Por quê? _____

25. Qual a principal fonte de Renda da família atualmente?

- ☐ Atividade Agrícola ☐ Prestação de Serviço
☐ Assalariado ☐ Aposentadoria
☐ Pensão ☐ Benefícios sociais
☐ Outra: _____

26. Qual renda média mensal da família?

- ☐ Menos de um salário mínimo
☐ Até um salário mínimo
☐ 1 a 2 salários mínimos
☐ 3 a 4 salários mínimos
☐ 4 a 5 salários mínimos
☐ Acima de 5 salários mínimos

INDICADORES TÉCNICOS**27. Com base em que você determina a quantidade de água que vai usar para irrigar?**

- ☐ Não determina, só aplica ☐ Com recomendação técnica

28. Faz controle do consumo de água no lote com hidrômetro?

☐ Sim ☐ Não

29. Já existiu situações de falta de água?

☐ Não, nunca ☐ Sim

Quando? _____

Se sim, a falta de água gerou perdas na produção? ☐ Sim ☐ Não

30. Em dias de chuva, quando o solo está molhado, o que você faz com a irrigação?

☐ Retira a irrigação ☐ Reduz a irrigação ☐ Irriga normalmente

31. Qual o tipo de irrigação aplicada na propriedade?

☐ Aspersão

☐ Micro aspersão

☐ Gotejamento

Outra: _____

APÊNDICE B – Termo de Consentimento Livre e Esclarecido (TCLE)

Convidamos o (a) Sr. (a) para participar como voluntário (a) da pesquisa intitulada **“AVALIAÇÃO DA SUSTENTABILIDADE DO PERÍMETRO IRRIGADO CALIFÓRNIA EM SERGIPE”**, que está sob a responsabilidade da pesquisadora Carla Tamilys Vasconcelos Araujo, a qual pode ser contatada através do telefone (inclusive ligações a cobrar): (79) 98866-8804 e e-mail: carlatamilys123@gmail.com. A pesquisa está sob a orientação do Professor Dr. Raimundo Rodrigues Gomes Filho (telefone: (79) 99164-5808 e e-mail: rrgomesfilho@gmail.com).

Todas as suas dúvidas podem ser esclarecidas com a responsável por esta pesquisa. **Apenas quando todos os esclarecimentos forem dados, você concorde com a realização do estudo e deixe um meio para contato contigo, pode ser seu e-mail ou telefone, como você preferir**, pedimos que rubrique as folhas e assine ao final deste documento, que está em duas vias. Uma via lhe será entregue e a outra ficará com a pesquisadora responsável. Este documento se chama TCLE (Termo de Consentimento livre e esclarecido). Nele estão contidas as principais informações sobre o estudo, tais como: objetivos, metodologias, riscos e benefícios, dentre outras informações.

O (a) senhor (a) estará livre para decidir participar ou recusar-se. **Caso não aceite participar, não haverá nenhum problema, desistir é um direito seu, bem como será possível retirar o consentimento em qualquer fase da pesquisa, também sem nenhuma penalidade ou prejuízo.** A pesquisa será iniciada após a **aprovação pelo Comitê de Ética em Pesquisa da Universidade Federal de Sergipe (CEP/UFS).**

INFORMAÇÕES SOBRE A PESQUISA

DESCRIÇÃO DA PESQUISA E ESCLARECIMENTO DA PARTICIPAÇÃO

O presente projeto foi elaborado com base no panorama mundial atual, onde há diariamente diversas notícias acerca dos impactos sociais, econômicos, políticos e culturais provocados pelos desperdícios alimentares, industriais, danos ambientais e atitudes insustentáveis. A partir dessa pesquisa espera-se entender e expor a realidade atual na qual se encontra o perímetro Califórnia, a proposta da pesquisa trata-se do desenvolvimento de um índice de sustentabilidade a partir da análise de dados levantados em campo com a aplicação dos questionários e por meio de dados disponibilizados pelo Governo.

O principal objetivo é avaliar a sustentabilidade do perímetro irrigado Califórnia/SE,

buscando o entendimento das relações ambiental, econômica, social e técnica.

A aplicação do questionário, com formulação de perguntas abertas e fechadas com tópicos referentes a questões de apontamento ambiental, social, econômico e técnico será realizada no **Perímetro Irrigado Califórnia**, no município de Canindé de São Francisco/SE. A coleta de dados será realizada “in loco” pela aplicação do questionário e identificação em toda região. Após a coleta de dados será proposto um panorama da real situação do impacto causado ao meio ambiente na região do perímetro.

O participante será aceito para participar da entrevista, após a leitura atenta e assinatura do TCLE. A realização da entrevista deverá ocorrer em, aproximadamente, 40 minutos.

A pesquisa será realizada por meio da aplicação presencial do questionário, na qual falaremos sobre tópicos referentes a questões de apontamento ambiental, social, econômico e técnico que formam a base desta pesquisa, para a mensuração dos indicadores ambientais, sociais, econômicos e técnicos. Estima-se que você precisará de aproximadamente “40 minutos”. A precisão de suas respostas é determinante para a qualidade da pesquisa.

A aplicação dos questionários está prevista para dia 20/05/2023.

RISCOS PARA OS VOLUNTÁRIOS DA ENTREVISTA

Os riscos observados para este estudo foram:

- Invasão de privacidade;
- Responder a questões sensíveis, tais como atos ilegais;
- Revitimizar e perder o autocontrole e a integridade ao revelar pensamentos e sentimentos nunca revelados;
- Discriminação e estigmatização a partir do conteúdo revelado;
- Divulgação de dados confidenciais (registrados nos termos e registros de consentimentos).
- Tomar o tempo do sujeito ao responder ao questionário/entrevista.

Para minimizar os riscos para os participantes de pesquisa, algumas medidas de prevenção foram selecionadas, tais como:

- Garantir o acesso aos resultados individuais e coletivos.
- Minimizar desconfortos, garantindo local reservado e liberdade para não responder questões constrangedoras.
- Garantir que os pesquisadores sejam habilitados ao método de coleta dos dados.
- Estar atento aos sinais verbais e não verbais de desconforto.

- Garantir a não violação e a integridade dos documentos (danos físicos, cópias, rasuras).
- Assegurar a confidencialidade e a privacidade, a proteção da imagem e a não estigmatização, garantindo a não utilização das informações em prejuízo das pessoas e/ou das comunidades, inclusive em termos de autoestima, de prestígio e/ou econômico – financeiro.
- Garantir que sempre serão respeitados os valores culturais, sociais, morais, religiosos e éticos, bem como os hábitos e costumes quando as pesquisas envolverem comunidades.
- Assegurar a inexistência de conflito de interesses entre o pesquisador e os sujeitos da pesquisa ou patrocinador do projeto.
- Verificar as formas que o participante pode salvar registro ou termo de consentimento.
- Oferecer a possibilidade de desistir de participação na pesquisa, sem ônus ao participante.
- Esclarecer ao participante que, caso ele desista de participar da pesquisa após responder ao questionário, não será possível a retirada de suas respostas do banco de dados, uma vez que o questionário é anônimo
- Verificar o local em que fica armazenada a base de dados com as informações coletadas no questionário: nuvem, computador-servidor institucional ou computador do pesquisador. Será mais segura se ficar em um computador que o pesquisador tenha controle sobre o banco de dados;
- O TCLE deve ser encaminhado para o participante já assinado pelo pesquisador. O entrevistado assinará este documento em momento anterior à pesquisa e o enviará para o pesquisador, devendo ainda ficar com uma cópia do registro;
- Respeito à privacidade dos autores dos comentários ou posts ao realizar referências diretas a nomes, discursos e imagens, respeitando a Lei Geral de Proteção de Dados (Lei no. 13.709/2018).

BENEFÍCIOS DIRETOS/INDIRETOS PARA OS VOLUNTÁRIOS DAS ANÁLISES SENSORIAIS

O estudo tem potencial para trazer benefícios, tais como: o desenvolvimento de metodologias que auxiliem a medição e caracterização da sustentabilidade da região; o conhecimento da realidade local, incluindo aspectos sociais, ambientais, econômicos e técnicos; evidências para apoiar a incorporação de ações e desenvolvimento de estratégias para a localidade, atreladas à Agenda 2030.

Esclarecemos que os participantes dessa pesquisa têm plena liberdade de se recusar a participar do estudo a qualquer momento, e que esta decisão não acarretará penalização por

parte dos pesquisadores. Todas as informações desta pesquisa serão confidenciais e serão divulgadas apenas em eventos ou publicações científicas, não havendo identificação dos voluntários, a não ser entre os responsáveis pelo estudo, sendo assegurado o sigilo sobre a sua participação. Os dados coletados nesta pesquisa através de entrevista, ficarão armazenados em pastas de arquivo do computador pessoal, sob a responsabilidade da pesquisadora responsável, no endereço: **Rua José Deodoro Santos, número 155, bairro Luzia, CEP: 49048-390, pelo período de mínimo 5 anos após o término da pesquisa.**

Nada lhe será pago e nem será cobrado para participar desta pesquisa, pois a aceitação é voluntária, mas fica também garantida a indenização em casos de danos, comprovadamente decorrentes da participação na pesquisa, conforme decisão judicial ou extra-judicial. Se houver necessidade, as despesas para a sua participação serão assumidas pelos pesquisadores (ressarcimento de transporte e alimentação).

Em caso de dúvidas relacionadas aos aspectos éticos deste estudo, o (a) senhor (a) poderá consultar o Comitê de Ética em Pesquisa Envolvendo Seres Humanos da UFS no endereço: **Campus da Saúde Prof. João Cardoso Nascimento JR - Prédio do Centro de Pesquisas Biomédicas, rua Cláudio Batista, s/n, bairro Sanatório, Aracaju/SE, telefone: (79) 3194-7208, e-mail: cep@academico.ufs.br.**

Carla Tamilys Vasconcelos Araujo
Pesquisadora responsável

CONSENTIMENTO DA PARTICIPAÇÃO DA PESSOA COMO VOLUNTÁRIO (A)

Eu, _____, CPF _____, abaixo assinado, após a leitura (ou a escuta da leitura) deste documento e de ter tido a oportunidade de conversar e ter esclarecido as minhas dúvidas com o pesquisador responsável, concordo em participar do estudo intitulado **“DESENVOLVIMENTO NO SEMIÁRIDO: AVALIAÇÃO DA SUSTENTABILIDADE DO PERÍMETRO IRRIGADO CALIFÓRNIA EM SERGIPE”**, como voluntário (a). Fui devidamente informado (a) e esclarecido (a) pela pesquisadora sobre a pesquisa, os

procedimentos nela envolvidos, assim como os possíveis riscos e benefícios decorrentes de minha participação. Foi-me garantido que posso retirar o meu consentimento a qualquer momento, sem que isto leve a qualquer penalidade. Caso prefira retirar seu consentimento, basta enviar solicitação de retirada de participação da pesquisa pelo seguinte contato: e-mail: carlatamilys123@gmail.com ou telefone: (79) 98866-8804.

Local e data: _____
Assinatura do participante da pesquisa: _____

DECLARAÇÃO DO PESQUISADOR

Declaro que obtive de forma apropriada, esclarecida e voluntária o Consentimento Livre e Esclarecido deste participante para a participação neste estudo. Entreguei uma via deste documento com todas as páginas rubricadas e a última assinada por mim ao participante e declaro que me comprometo a cumprir todos os termos aqui descritos.

Nome do Pesquisador Responsável: _____
Assinatura: _____ Local/data: _____

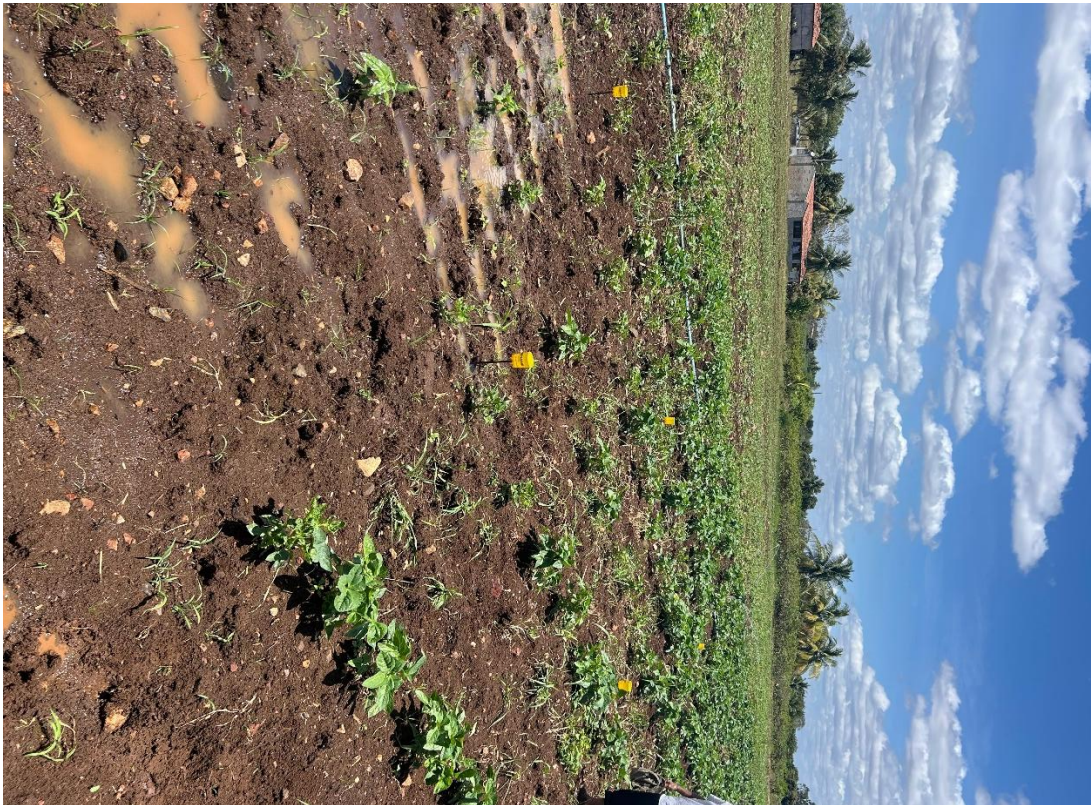
Presenciamos a solicitação de consentimento, esclarecimentos sobre a pesquisa e o aceite do voluntário em participar. (02 testemunhas não ligadas à equipe de pesquisadores):

Nome:	Nome:
Assinatura:	Assinatura:



Assinatura Datiloscópica (quando não alfabetizado)

APÊNDICE C – Registros fotográficos dos lotes em áreas com pontos de encharcamento.



ANEXO 1 – Parecer Consubstanciado do Comitê de Ética em Pesquisa (CEP)



Continuação do Parecer: 6.701.350

Todos os eixos do “Projeto Detalhado/Brochura Investigador” devem estar em consonância com o arquivo “Projeto de Informações Básicas”, entendendo que o segundo (Projeto de Informações Básicas) é espelho do primeiro. Logo, quaisquer alterações realizadas em 1(um) dos arquivos, ambos devem ser contemplados.

Considerações Finais a critério do CEP:

Este parecer foi elaborado baseado nos documentos abaixo relacionados:

Tipo Documento	Arquivo	Postagem	Autor	Situação
Informações Básicas do Projeto	PB_INFORMAÇÕES_BÁSICAS_DO_PROJETO_2277452.pdf	25/01/2024 14:17:18		Aceito
Projeto Detalhado / Brochura Investigador	ProjetoDetalhado_CEP.pdf	25/01/2024 14:16:14	CARLA TAMILYS VASCONCELOS ARAUJO	Aceito
TCLE / Termos de Assentimento / Justificativa de Ausência	TCLE_California.pdf	25/01/2024 12:28:09	CARLA TAMILYS VASCONCELOS ARAUJO	Aceito
Declaração de Pesquisadores	Termo_de_compromisso_e_confidencialidade_Raimundo.pdf	25/01/2024 12:26:51	CARLA TAMILYS VASCONCELOS ARAUJO	Aceito
Declaração de Pesquisadores	Termo_de_compromisso_e_confidencialidade_Carla.pdf	25/01/2024 12:26:37	CARLA TAMILYS VASCONCELOS ARAUJO	Aceito
Declaração de Instituição e Infraestrutura	Autorizacao_infraestrutura.pdf	25/01/2024 12:24:39	CARLA TAMILYS VASCONCELOS ARAUJO	Aceito
Orçamento	ORCAMENTO.pdf	25/01/2024 12:22:46	CARLA TAMILYS VASCONCELOS ARAUJO	Aceito
Cronograma	CRONOGRAMA.pdf	25/01/2024 12:20:23	CARLA TAMILYS VASCONCELOS ARAUJO	Aceito
Brochura Pesquisa	Brochura_CEP.pdf	25/01/2024 12:16:22	CARLA TAMILYS VASCONCELOS ARAUJO	Aceito
Folha de Rosto	Folhaderosto_assinada.pdf	25/01/2024 12:08:00	CARLA TAMILYS VASCONCELOS ARAUJO	Aceito

Endereço: Rua Cláudio Batista s/nº

Bairro: Sanatório

UF: SE

Município: ARACAJU

Telefone: (79)3194-7208

CEP: 49.060-110

E-mail: cep@academico.ufs.br



Continuação do Parecer: 6.701.350

Situação do Parecer:

Aprovado

Necessita Apreciação da CONEP:

Não

ARACAJU, 14 de Março de 2024

Assinado por:

ANA BEATRIZ GARCIA COSTA RODRIGUES
(Coordenador(a))

Endereço: Rua Cláudio Batista s/nº

Bairro: Sanatório

CEP: 49.060-110

UF: SE

Município: ARACAJU

Telefone: (79)3194-7208

E-mail: cep@academico.ufs.br

ANEXO 2 – Análise química da água coletada no Reservatório da EB-02

INSTITUTO TECNOLÓGICO E DE PESQUISAS DO
ESTADO DE SERGIPERua Campo do Brito, Nº371, Treze de Julho, CEP 49.020-380
Aracaju - SE - BrasilFone (79) 3179-8081/8087 Fax (79) 3179-8087/8090
CNPJ 07.258.529/0001-59

Relatório de Ensaios ITPS Nº 2996/24-1

Revisão 00

Cliente	CARLOS ALEXANDRE BORGES GARCIA	Telefone	2105 6649/6648
Endereço	Departamento de Química da UFS- Campus Universitário, s/n, CEP 49100-000	Contato(s)	Silvanio
e-mail	cgarcia@ufs.br	Fax	
Amostra(s)	Água - AD	Recepção	31/07/24

Laboratório de ensaios acreditado pela norma ABNT NBR ISO/IEC 17025:2017

O escopo da acreditação pode ser visto em:

<http://www.inmetro.gov.br/laboratorios/rble/docs/CRL0424.pdf>

Amostra	ÁGUA DO RIO SÃO FRANCISCO - IQA	Código	2996/24-01	Coleta em	30/07/24
Ensaio	Resultado	Unidade	LQ	Método	Data do Ensaio
Fósforo Total (RBLE)	0,0241	mg P/L	0,0099	SMEWW, 2017, 4500-P B,E	07/08/24
Condutividade Elétrica (RBLE)	122,93	µS/cm	0,01	SMEWW, 2017, 2510 B	31/07/24

Legenda

SMEWW: Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater, APHA, 24ª. ed., Washington, 2023.

(RBLE): Ensaio parte do escopo da acreditação deste laboratório como parte da Rede Brasileira de Laboratórios de Ensaio, sob número CRL 0424 pela norma NBR ISO/IEC 17025:2005.

LQ: Limite de Quantificação do Método.

Observações

Este laboratório adota como regra de decisão para a declaração da conformidade de seus resultados, não considerar a incerteza dos ensaios e amostragens para declarar se um resultado está conforme ou não com uma Legislação Ambiental, Lei, Resolução, Decreto, Regulamento, Publicação, Nota Técnica ou similar.

Informações de Coleta

Coleta efetuada pelo cliente.

A descrição do material ensaiado é de inteira responsabilidade do cliente.

Preservação e distribuição dos itens de ensaio (por amostra)				
Código da preservação	Código do Laboratório	Descrição resumida da preservação	Quantidade aproximada	Recipiente
IA	AD	Iodeto Alcalino Azida, Sulfato Manganoso	300mL	Vidro
RP	AD	Refrigeração	1000mL	Frasco Plástico

Aracaju, 09 de agosto de 2024.

Cláudia de Araújo Xavier
Coordenadora Substituta
08100019 CRQ8
Lab. Química de Água

Documento verificado e aprovado por meios eletrônicos

A verificação da autenticidade deste documento pode ser feita baixando o documento original em www.itps.se.gov.br na aba Serviços clicando em Resultados de Análises usando o código LYCNQ JB9 125.

A Custódia das amostras é de 15 dias após emissão do relatório de ensaios, exceto para solos que é 90 dias e água que é 2 dias. Não se aplica a amostras perecíveis. Os resultados têm significado restrito e aplicam-se somente às amostras ensaiadas. Este relatório somente poderá ser reproduzido em sua totalidade. O ITPS se isenta de qualquer responsabilidade pela reprodução parcial do mesmo.

RF-LBW-004, Rev. 00

Página: 1/1



INSTITUTO TECNOLÓGICO E DE PESQUISAS DO ESTADO DE SERGIPE

Rua Campo do Brito, Nº371, Treze de Julho, CEP 49.020-380
Aracaju - SE - Brasil

Fone (79) 3179-8081/8087 Fax (79) 3179-8087/8090
CNPJ 07.258.529/0001-59

Relatório de Ensaios ITPS Nº 2996/24-2

Revisão 00

Cliente	CARLOS ALEXANDRE BORGES GARCIA	Telefone	2105 6649/6648
Endereço	Departamento de Química da UFS- Campus Universitário, s/n, CEP 49100-000	Contato(s)	Silvanio
e-mail	cgarcia@ufs.br	Fax	
Amostra(s)	Água - AD	Recepção	31/07/24

Os Resultados relatados abaixo não fazem parte do escopo da acreditação deste Laboratório

Amostra	ÁGUA DO RIO SÃO FRANCISCO - IQA	Código	2996/24-01	Coleta em	30/07/24
Ensaio	Resultado	Unidade	LQ	Método	Data do Ensaio
Oxigênio Dissolvido - OD	7,81	mg O ₂ /L	0,04	SMEWW, 2023, 4500-O C	31/07/24
pH	8,15	--	4-10	SMEWW, 2017, 4500 H+ B	31/07/24
DBO (Método respirométrico)	17,5	mg O ₂ /L	0,1	SMEWW, 2017, 5210 D	31/08/24
Turbidez	1,22	uT	0,01	SMEWW, 2017, 2130 B	31/07/24
Sólidos Totais	91	mg/L	--	SMEWW, 2017, 2540 B	02/08/24
Nitrogênio Total	1,590	mg N/L	--	SMEWW, 2012, 4500-Norg C	05/08/24
Temperatura da água/efluente (dado do cliente)	26,7	°C	0,1	SMEWW, 2017, 2550 B (Instrumental)	30/07/24

Legenda

SMEWW: Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater, APHA, 24ª. ed., Washington, 2023.

LQ: Limite de Quantificação do Método.

Observações

Este laboratório adota como regra de decisão para a declaração da conformidade de seus resultados, não considerar a incerteza dos ensaios e amostragens para declarar se um resultado está conforme ou não com uma Legislação Ambiental, Lei, Resolução, Decreto, Regulamento, Publicação, Nota Técnica ou similar.

Informações de Coleta

Coleta efetuada pelo cliente.

A descrição do material ensaiado é de inteira responsabilidade do cliente.

Preservação e distribuição dos itens de ensaio (por amostra)				
Código da preservação	Código do Laboratório	Descrição resumida da preservação	Quantidade aproximada	Recipiente
IA	AD	Iodeto Alcalino Azida, Sulfato Manganoso	300mL	Vidro
RP	AD	Refrigeração	1000mL	Frasco Plástico

Aracaju, 09 de agosto de 2024.

Cláudia de Araújo Xavier

Cláudia de Araújo Xavier
Coordenadora Substituta
08100019 CRQ8
Lab. Química de Água

Documento verificado e aprovado por meios eletrônicos

A verificação da autenticidade deste documento pode ser feita baixando o documento original em www.itps.se.gov.br na aba Serviços clicando em Resultados de Análises usando o código LYCNO JB9 125.

A Custódia das amostras é de 15 dias após emissão do relatório de ensaios, exceto para solos que é 90 dias e água que é 2 dias. Não se aplica a amostras perecíveis. Os resultados têm significado restrito e aplicam-se somente às amostras ensaiadas. Este relatório somente poderá ser reproduzido em sua totalidade. O ITPS se isenta de qualquer responsabilidade pela reprodução parcial do mesmo.



INSTITUTO TECNOLÓGICO E DE PESQUISAS DO ESTADO DE SERGIPE

Rua Campo do Brito, Nº371, Treze de Julho, CEP 49.020-380
Aracaju - SE - Brasil

Fone (79) 3179-8081/8087 Fax (79) 3179-8087/8090
CNPJ 07.258.529/0001-59

Relatório de Ensaios ITPS Nº 3073/24

Revisão 00

Cliente	CARLOS ALEXANDRE BORGES GARCIA	Telefone	2105 6649/6648
Endereço	Departamento de Química da UFS- Campus Universitário, s/n, CEP 49100-000	Contato(s)	Silvanio
e-mail	cgarcia@ufs.br	Fax	
Amostra(s)	ÁGUA - MB	Recepção	06/08/24

Amostra	ÁGUA DO RIO SÃO FRANCISCO - IQA				Código	3073/24-01	Coleta em	05/08/24 09:00
Ensaio	Resultado	Unidade	Padrão (L1)	LQ	Método		Data do Ensaio	
Coliformes Termotolerantes	9,4 X 10 ²	NMP/100mL	≤10 ³	1,8	SMEWW, 9221E		06/08/24	

Conclusão dos Ensaios (Parecer Técnico): De acordo com os parâmetros analisados para o atendimento da Classificação dos Corpos d'água, segundo a norma vigente (CONAMA 357/2005):
O corpo hídrico sendo água doce – Classe 2 ou salino/salobra – Classe 1, o resultado reportado neste relatório para esta amostra **atende** ao limite estabelecido.

Legenda

(L1): Água doce – Classe 2 ou salina/salobra – Classe 1 - Resolução CONAMA nº 357, de 17 de março de 2005.

NMP: Número Mais Provável.

SMEWW: Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater, APHA, 24ª. ed., Washington, 2023.

Resultado: Resultados fora de faixas aparecem sublinhados.

LQ: Limite de Quantificação do Método.

Observação: Considerando a não informação de classificação do corpo hídrico, o parecer técnico está fundamentado na resolução CONAMA 357/2005, onde se estabelece que na ausência de enquadramento do aquífero, este poderá ser considerado como água doce – Classe 2 e/ou salina/salobra Classe 1.

Informações de Coleta

Coleta efetuada pelo cliente.

A descrição do material ensaiado é de inteira responsabilidade do cliente.

Preservação e distribuição dos itens de ensaio (por amostra)				
Código da preservação	Código do Laboratório	Descrição resumida da preservação	Quantidade aproximada	Recipiente
RV	MB	Refrigeração Tiosulfato	300mL	Frasco de Vidro

Aracaju, 19 de agosto de 2024.


MSc. Douglas Bonfim Lima
Biólogo
CRBio 105.382/08-D

Documento verificado e aprovado por meios eletrônicos

A verificação da autenticidade deste documento pode ser feita baixando o documento original em www.itps.se.gov.br na aba Serviços clicando em Resultados de Análises usando o código LYDHZ HBZ 272.

A Custódia das amostras é de 15 dias após emissão do relatório de ensaios, exceto para solos que é 90 dias e água que é 2 dias. Não se aplica a amostras perecíveis. Os resultados têm significado restrito e aplicam-se somente às amostras ensaiadas. Este relatório somente poderá ser reproduzido em sua totalidade.
O ITPS se isenta de qualquer responsabilidade pela reprodução parcial do mesmo.

RF-LBW-004, Rev. 00

Página: 1/1