UNIVERSIDADE FEDERAL DE CAMPINA GRANDE

CENTRO DE CIÊNCIAS E TECNOLOGIA AGROALIMENTAR

PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM GESTÃO E SISTEMAS AGROINDUSTRIAIS

MONICA ALVES PINTO

ZONEAMENTO AGRÍCOLA DE RISCO CLIMÁTICO-ZARC: IMPACTO BRASILEIRO NO ÂMBITO DA COOPERAÇÃO SUL-SUL

POMBAL-PB

2024

MONICA ALVES PINTO

ZONEAMENTO AGRÍCOLA DE RISCO CLIMÁTICO- ZARC: IMPACTO BRASILEIRO NO ÂMBITO DA COOPERAÇÃO SUL-SUL

Artigo apresentado ao Programa de Pós-Graduação Stricto Sensu em Sistemas Agroindustriais da Universidade Federal de Campina Grande, Centro de Ciência e Tecnologia Agroalimentar, Campus Pombal – PB, com requisitório necessário para a obtenção do título de Mestre.

Área de Concentração: Produção e Tecnologia Agroindustrial.

Orientadora: Profª. D. Sc. Alfredina dos Santos Araújo.

POMBAL-PB

2024

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)

P659z Pinto, Mônica Alves.
Zoneamento agrícola de risco climático - Zarc : impacto brasileiro no âmbito da cooperação Sul-Sul / Mônica Alves Pinto. – Pombal, 2024.
32 f.

Artigo (Mestrado em Gestão e Sistemas Agroindustriais) – Universidade Federal de Campina Grande, Centro de Ciências e Tecnologia Agroalimentar, 2024.
"Orientação: Profa. Dra. Alfredina dos Santos Araújo".
Referências.

1. Setor agrícola. 2. Zarc. 3. Sustentabilidade. I. Araújo, Alfredina dos Santos. II. Titulo.

CDU 631(043)

Elaboração da Ficha Catalográfica:
Maria Auxiliadora Costa Dias Pereira
Bibliotecária-Documentalista CRB-15/716

MONICA ALVES PINTO

ZONEAMENTO AGRÍCOLA DE RISCO CLIMÁTICO- ZARC: IMPACTO BRASILEIRO NO ÂMBITO DA COOPERAÇÃO SUL-SUL

Aprovado em: 16 de setembro de 2024.

Documento assinado digitalmente
gov.br
ALFREDINA DOS SANTOS ARAUJO
Data: 13/04/2026 13:28:33-0300
Verifique em https://validar.iti.gov.br

_____

Prof D. Alfredina dos Santos Araújo

(orientadora)

Documento assinado digitalmente
gov.br
ROSILENE AGRA DA SILVA
Data: 13/04/2026 13:35:31-0300
Verifique em https://validar.iti.gov.br

_____ _____

Prof D. Rosilene Agra da Silva

CCTA (membro interno)

Documento assinado digitalmente
gov.br
SAULO SOARES DA SILVA
Data: 13/04/2026 19:45:24-0300
Verifique em https://validar.iti.gov.br

_____ _____

Prof D. Saulo Soares da Silva

(membro externo)

Dedicado este artigo aos pequenos produtores brasileiros, especialmente àqueles que vivem e trabalham no semiárido, cuja resiliência, sabedoria e determinação e em um ambiente tão desafiador são fontes de inspiração. Que este artigo possa contribuir, para fortalecer os pequenos produtores de outros países do sul global, que enfrentam experiências similares. Que soluções mais justas possam ser construídas conjuntamente.

Resumo

O semiárido do nordeste brasileiro enfrenta condições climáticas adversas, caracterizadas por chuvas irregulares, longos períodos de estiagem e escassez de água, que agravam a vulnerabilidade climática e a degradação ambiental. Esses fatores afetam negativamente as comunidades locais, levando à insegurança alimentar, nutricional e à deterioração dos meios de subsistência. O presente artigo tem como objetivo contribuir para os estudos sobre o Zoneamento Agrícola de Risco Climático (ZARC), uma ferramenta digital essencial para a tomada de decisões agrícolas, visando aumentar a eficiência produtiva, pois identifica regiões para mitigar os riscos decorrentes de eventos climáticos adversos para o plantio das culturas. O estudo também analisa como o ZARC pode apoiar pequenos produtores do Corredor Seco Centro-Americano (CSCA), contribuindo para melhorar as condições de vida e renda das comunidades rurais, daqueles países, além de subsidiar políticas públicas e a agricultura familiar, por meio da Cooperação Técnica Sul-Sul. A metodologia inclui revisões literárias (conceitos, influência do clima sobre os vegetais e culturas e outros) e consultas a fontes oficiais. Espera-se que o artigo promova a criação de outras políticas públicas voltadas ao ZARC, especialmente para o semiárido brasileiro, e contribua para ampliar o conhecimento acadêmico e social sobre o tema.

Palavras-chave: Setor agrícola; ZARC; Sustentabilidade.

Abstract

The semi-arid region of north-eastern Brazil faces adverse climatic conditions, characterised by irregular rainfall, long periods of drought and water scarcity, which aggravate climate vulnerability and environmental degradation. These factors negatively affect local communities, leading to food and nutritional insecurity and the deterioration of livelihoods. This article aims to contribute to studies on Agricultural Climate Risk Zoning (ZARC), an essential digital tool for agricultural decision-making aimed at increasing production efficiency, as it identifies regions to mitigate the risks arising from adverse climatic events for planting crops. The study also analyses how ZARC can support small producers in the Central American Dry Corridor (CSCA), helping to improve the living conditions and incomes of rural communities in those countries, as well as subsidising public policies and family farming through South-South Technical Cooperation. The methodology includes literature reviews (concepts, climate influence on plants and crops, etc.) and consultations with official sources. It is hoped that the article will promote the creation of other public policies aimed at the ZARC, especially for the Brazilian semi-arid region, and contribute to expanding academic and social knowledge on the subject.

Keywords: Agricultural sector; ZARC; Sustainability.

1. INTRODUÇÃO

As mudanças climáticas estão provocando impactos significativos em várias regiões do mundo, evidenciadas pelo aumento nas temperaturas globais, elevação do nível do mar e eventos climáticos mais frequentes e intensos, tais como secas, enchentes e furacões**.** Essas mudanças estão afetando gravemente o setor agrícola, reduzindo a produtividade das culturas e aumentando a incidência de pragas e doenças. De acordo com Porter e Semenov (2005), a variabilidade climática desempenha um papel crucial na determinação da produtividade das culturas, e mudanças nos padrões climáticos podem ter implicações significativas para a agricultura global. Posto isso, vale ressaltar que a redução da produção agrícola agrava a insegurança alimentar e a desnutrição da população em regiões vulneráveis (FAO, 2018). Uma das regiões de maior vulnerabilidade é o Semiárido, onde, o clima ocorre em áreas de alta pressão, entre os paralelos de 20º e 30º, em ambos os hemisférios. Caracteriza-se por temperaturas elevadas, baixa amplitude térmica anual, baixa umidade relativa do ar e longos períodos sem chuva e mal distribuídas, com longos períodos de seca. As principais formas de vegetação encontradas nas áreas de ocorrência do semiárido são as savanas e os estepes. No Brasil, esse clima compreende o interior da região Nordeste e o norte de Minas Gerais. O bioma a característico é a Caatinga, com algumas pequenas áreas de Cerrado. A falta de chuvas e o calor intenso nas áreas de clima semiárido causam diversos problemas socioeconômicos, intensificando aqueles já presentes, como a fome e a pobreza. Quanto aos problemas ambientais, o principal deles atualmente é a desertificação (https://brasilescola.uol.com.br/geografia/clima-semiarido.htm)

No panorama desafiador das microrregiões que compõem o território do semiárido brasileiro, bem como em outras regiões globais, onde a escassez de recursos hídricos e as condições climáticas adversas representam obstáculos com atividades permeada por desafios constantes, a agricultura torna-se um empreendimento de extrema complexidade, especialmente para os pequenos produtores (Rocha, P. N., & Oliveira, F. G. (2021)). Diante das adversidades climáticas até a escassez de recursos hídricos, essas comunidades, muitas vezes dependentes da produção agrícola como principal fonte de subsistência, enfrentam uma série de desafios, que impactam diretamente a produção de alimentos e a segurança econômica. Em meio a esse cenário complexo, emerge o Zoneamento Agrícola de Risco Climático (ZARC).

O ZARC é reconhecido como uma ferramenta estratégica importante para gestão sustentável e eficiente da agricultura, desempenhando um papel crucial na mitigação dos desafios enfrentados pelos pequenos produtores no semiárido brasileiro. Essa região é composta por 1477 municípios (Resolução Condel nº 176, de03/01/2024), com uma extensão total de 1.335.298 Km², correspondendo cerca de 15% do território brasileiro, sendo em torno de 89,5% abrangendo todos estados nordestinos e, municípios do norte dos estados de Minas Gerais e Espírito Santo (sudeste), com cerca de 28 milhões de habitantes.

Para os pequenos produtores do semiárido brasileiro, o Zoneamento Agrícola de Risco Climático (ZARC) representa uma ferramenta crucial para a minimização de riscos agrícolas associados a eventos climáticos adversos. O ZARC orienta esses produtores sobre os períodos mais adequados para o plantio, levando em consideração as especificidades do solo e o clima regional. Assim, ele permite que o agricultor tome decisões informadas sobre épocas de cultivo e escolha de culturas, o que aumenta a probabilidade de uma colheita bem-sucedida, mesmo em uma região onde a variabilidade climática é extrema (Silva et al., 2021).

Além dos benefícios diretos aos produtores locais, o ZARC também desempenha um papel importante na cooperação internacional, especialmente no contexto da cooperação Sul-Sul promovida pelo Brasil com os países do Corredor Seco da América Central. Esta região compartilha desafios similares de clima árido e vulnerabilidades climáticas, o que torna as experiências e tecnologias desenvolvidas pelo ZARC relevantes e adaptáveis para aplicação nesses Estados.

A cooperação Sul-Sul liderada pelo Brasil no âmbito do ZARC não apenas fortalece os laços diplomáticos e comerciais com os países do Corredor Seco, mas também promove o intercâmbio de conhecimentos e melhores práticas em agricultura sustentável e adaptação às mudanças climáticas. Isso contribui para a construção de sistemas agrícolas mais resilientes e sustentáveis nessas regiões, ajudando a reduzir a vulnerabilidade das comunidades rurais aos impactos climáticos extremos.

Ao se compreender a importância do ZARC no contexto específico do Semiárido brasileiro, este estudo propõe não apenas avaliar seus impactos na produção agrícola local, como também reconhecer a quão valiosa é a sua capacidade de impulsionar a cooperação Sul-Sul. O Brasil, por meio de sua expertise em lidar com climas adversos, emerge como um agente catalisador na disseminação de práticas agrícolas

sustentáveis, contribuindo para o fortalecimento da cooperação Sul-Sul e para a construção de soluções globais para os desafios agrícolas contemporâneos. Assim, o objetivo do presente trabalho é **c**ontribuir para os estudos no tema de Zoneamento Agrícola de Risco Climático (ZARC), destacando-se os principais conceitos e sua importância para os pequenos produtores da região do Semiárido brasileiro e como essa ferramenta pode ser utilizada em outros países que tem o mesmo tipo de clima.

2. Objetivos

2.1 **Objetivo geral**

Contribuir para os estudos no tema de Zoneamento Agrícola de Risco Climático (ZARC), destacando-se os principais conceitos e sua importância para os pequenos produtores da região do semiárido brasileiro e como essa ferramenta pode ser utilizada em outros países da cooperação Sul-Sul que tem o mesmo tipo de clima brasileiro.

2.2 Objetivos específicos

- Mapear os principais elementos constitutivos do ZARC e suas aplicações práticas.
- Avaliar a importância do ZARC para o acesso dos pequenos produtores a programas de mitigação de riscos climáticos.
- Analisar a aplicação do ZARC no semiárido brasileiro e sua transferência de tecnologia para países do Corredor Seco da América Central.

3. Referencial Teórico

3.1. Mudanças Climáticas e Agricultura

Os problemas climáticos, representam um dos maiores desafios globais do século XXI, caracterizado por uma série de mudanças climáticas afetando ecossistemas, economias, e sociedades em todo o mundo, impulsionada principalmente pelas atividades humanas, como a queima de combustíveis fósseis (carvão, petróleo e gás), desmatamento e práticas agrícolas insustentáveis, resultando em um aumento das temperaturas médias globais, alteração dos padrões de

precipitação, elevação do nível do mar e intensificação de eventos climáticos extremos (IPCC,2021).

Segundo António Gueterres, “Estamos em um caminho de colisão com a natureza. Não podemos continuar explorando recursos de maneira insustentável e esperar evitar um desastre climático”. Já a ativista sueca, Greta Thunberg: “Nossa casa está pegando fogo. Quero que vocês entrem em pânico, que sintam o medo que eu sinto todos os dias, e então eu quero que vocês ajam". Além disso, a ONU enfatiza que o combate às mudanças climáticas é essencial para o desenvolvimento sustentável e a erradicação da pobreza.

A agricultura é uma das atividades econômicas mais dependentes das condições climáticas. Os elementos meteorológicos afetam não só os processos metabólicos das plantas, diretamente relacionados à produção vegetal, como também as mais diversas atividades no campo. Cerca de 80% da variabilidade da produção agrícola no mundo devem-se às oscilações das condições meteorológicas durante o ciclo de cultivo, especialmente, para culturas de sequeiro, já que os agricultores não podem exercer controle sobre tais fenômenos da naturais (MONTEIRO, 2009).

Um dos grupos mais respeitados em ciências climáticas, o IPCC (Intergovernmental Panel on Climate Change), apresenta periodicamente relatórios considerados fontes definitivas de informações sobre mudanças climáticas. No relatório de 2014, o IPCC alertou sobre aumentos na frequência e na intensidade de eventos climáticos extremos em muitas regiões do mundo, como ondas de calor, secas e enchentes. Corroborando o IPCC, o NOAA (National Oceanic and Atmospheric Administration) que fornece informações detalhadas sobre as mudanças climáticas e seus impactos nos Estados Unidos e globalmente, salientou que a frequência e a intensidade de eventos climáticos extremos, como furacões, secas e incêndios florestais, têm aumentado" (NOAA, 2021). Ainda no relatório do IPCC de 2014, foi evidenciado que as mudanças climáticas estão afetando a distribuição e a abundância de muitas espécies, levando à perda de biodiversidade, além de alterarem os padrões de precipitação e o aumento das temperaturas, afetando negativamente a produtividade agrícola, ameaçando a segurança alimenta (IPCC, 2014). Em outro relatório, o grupo de especialistas destacam a elevação do nível do mar, provocada pelo aumento das temperaturas, causando a expansão térmica dos oceanos e o derretimento das geleiras (IPCC, 2019), fato também comprovado pela NASA (National Aeronautics and Space

Administration) que afirmou que a elevação do nível do mar está ameaçando comunidades costeiras e ecossistemas marinhos.

Neste contexto, outra importante instituição é a FAO (Food Agriculture Organization of the United Nations) que foca nos impactos das mudanças climáticas sobre a agricultura e a segurança alimentar. De acordo com a FAO (2016), as mudanças climáticas representam uma ameaça significativa para a segurança alimentar e nutricional global, com impactos desproporcionais nas regiões mais vulneráveis. A escassez de água e a degradação do solo, exacerbadas pelas mudanças climáticas, afetam a capacidade de produção agrícola sustentável (FAO, 2017).

Alguns especialistas em climatologia destacam que as mudanças climáticas estão intensificando os padrões habituais, levando a um aumento na frequência de fenômenos como furações e tempestades tropicais. Alertando que, sem uma ação global coordenada, os impactos sociais e econômicos continuarão agravando particularmente nas regiões mais vulneráveis.[1]

A ONU tem abordado em vários relatórios e declarações ao longo dos anos, às mudanças climáticas já está removendo milhões de pessoas em todo o mundo, criando um novo grupo de deslocados. Segundo relatório, essas populações são forçadas a deixar suas casas devido à elevação do nível do mar, secas prolongadas e outros efeitos adversos do clima (UNFCCC).

Conforme Parmesan e Yohe (2003) - “as mudanças climáticas já estão afetando a distribuição e o comportamento das espécies, levando a deslocamentos de faixas geográficas e mudanças no timing de eventos sazonais, como a floração e a migração.”

Bellard et al. (2012) sugerem que a mudança climática é uma das maiores ameaças à biodiversidade global, contribuindo para a extinção de espécies e a degradação dos ecossistemas naturais.

As mudanças climáticas têm efeitos diretos e indiretos sobre a saúde pública, aumentando a incidência de doenças transmitidas por vetores, como a malária e a dengue, e exacerbando problemas respiratórios devido à piora da qualidade do ar. Além

[1] Síntese de argumentos amplamente discutidos por cientistas do clima e especialistas em climatologia sobre o impacto do aquecimento global. Esse tipo de declaração pode ser encontrado em muitos artigos acadêmicos, relatórios científicos, notícias, e documentos de organizações internacionais como a ONU ou o IPCC (Painel Intergovernamental sobre Mudanças Climáticas)

disso, os desastres naturais cada vez mais frequentes e intensos resultam em perdas econômicas significativas.

De acordo com análises econômicas, os custos associados às mudanças climáticas, incluindo danos a infraestruturas, perda de produtividade e despesas com saúde, podem atingir trilhões de dólares nas próximas décadas, colocando uma pressão considerável sobre as economias nacionais.

As mudanças climáticas representam para o Brasil um desafio que têm causado impactos profundos, afetando a agricultura, a biodiversidade e os recursos hídricos do país. Evidências mostram que a variabilidade nos padrões de precipitação e o aumento das temperaturas reduzem a produtividade agrícola e ameaçam a segurança alimentar, com projeções indicando uma possível redução de até 50% nas principais culturas até 2050 (ASSAD e PINTO, 2008). Eventos climáticos extremos, como secas e inundações, estão se tornando mais frequentes e severos, afetando tanto comunidades urbanas quanto rurais (MARENGO et al., 2011). Ecossistemas como a Amazônia enfrentam riscos de degradação e perda de biodiversidade, exacerbados pelo desmatamento, podendo levar a uma "savanização" da região (NOBRE et al., 2016). Além disso, as mudanças climáticas ampliam a desigualdade social e aumentam os riscos à saúde pública, com maior incidência de doenças transmitidas por vetores como dengue e zika (WHO, 2018).

A criação do Acordo de Paris foi motivada por avanços científicos que demostraram o impacto sobre o clima. Relatórios do IPCC alertaram para o perigo de ultrapassar o limite de 2°C de aquecimento, destacando o risco de eventos climáticos extremos, como secas e inundações, e seus efeitos devastadores para a biodiversidade e para populações vulneráveis (IPCC, 2014).

O Acordo de Paris é um tratado internacional juridicamente vinculante sobre mudanças climáticas, firmado em 2015 durante a 21ª Conferência das Partes (COP21) da Convenção-Quadro das Nações Unidas sobre Mudança do Clima (UNFCCC) em Paris, França. Ele representa um marco histórico na diplomacia ambiental, reunindo quase todos os países do mundo com o objetivo de conter o aquecimento global, isto é, os países mais responsáveis historicamente pelas emissões devem liderar os esforços de mitigação e auxiliar financeiramente os países em desenvolvimento e se comprometeram a mobilizar US$ 100 bilhões por ano a partir de 2020 para ajudar os países mais pobres, embora essa meta tenha encontrado dificuldades em sua

implementação prática (Klein, 2020). Esse países, signatários se comprometeram a: i) reduzir suas emissões de gases de efeito estufa (GEE) para conter o aquecimento global; ii) aumentar a resiliência às mudanças climáticas, especialmente em comunidades mais vulneráveis e; (ii) mobilizar financeiramente países em desenvolvimento para a implementação de medidas de adaptação e mitigação. Cada país define suas próprias metas de redução de emissões, chamadas de Contribuições Nacionalmente Determinadas (NDCs), que devem ser revisadas e aprimoradas a cada cinco anos, conforme o Artigo 4 do acordo (ONU, 2015). Vale ressaltar que o Acordo substitui o Protocolo de Kyoto, que cobria um número limitado de países desenvolvidos, e propõe uma abordagem mais inclusiva e abrangente.

3.2. ZARC como solução

A variabilidade climática imprevisível também dificulta o planejamento de cultivos e a adoção de práticas agrícolas sustentáveis, ampliando a insegurança alimentar e econômica para comunidades dependentes da agricultura como meio de subsistência. Portanto, medidas adaptativas, como o Zoneamento Agrícola de Risco Climático (ZARC), tornam-se cruciais para mitigar esses impactos e promover a resiliência das comunidades rurais em face das mudanças climáticas. É uma ferramenta essencial para a agricultura brasileira, que tem como objetivo minimizar os riscos climáticos na produção agrícola e proporcionar maior segurança aos agricultores. Sua origem está diretamente ligada às necessidades de planejar de forma mais eficiente as atividades agrícolas, diante das variáveis climáticas que afetam diretamente o desempenho das safras (Silva, J. R., & Santos, P. R. (2021)).

O ZARC é uma ferramenta estratégica desenvolvida pelo Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA) em parceria com a Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (EMBRAPA) na década de 1990, que ajuda agricultores a tomarem decisões mais informadas e seguras sobre o plantio, mitigando os riscos associados a eventos climáticos adversos. Ele é baseado em análises científicas detalhadas que combinam dados sobre solo, clima e características das culturas agrícolas para estabelecer épocas e locais de plantio com menor risco climático para diferentes culturas.

Seu trabalho de elaboração envolveu não apenas a Embrapa como teve a participação de instituições de pesquisa, e universidades, que desenvolveram estudos e modelos matemáticos que teve como motivação principal a necessidade de reduzir

as perdas agrícolas causadas por eventos climáticos adversos, que impactavam negativamente a produção agrícola no Brasil. Ao longo dos anos, o sistema foi aprimorado para abranger diversas culturas.

Segundo Monteiro et al. (2010), "o ZARC foi criado para fornecer informações detalhadas sobre os riscos climáticos associados ao cultivo de diferentes culturas permitindo um planejamento agrícola mais seguro e eficiente".

Por ser um instrumento de política agrícola e gestão de risco na agricultura, seu estudo é elaborado com o objetivo de minimizar os riscos relacionados aos fenômenos climáticos adversos e permite a cada município identificar a melhor época de plantio das culturas, nos diferentes tipos de solo e ciclos de cultivares. A técnica é de fácil entendimento e adoção pelos produtores rurais, agentes financeiros e demais usuários.

Atualmente, é gerenciado pelo Programa Nacional de Zoneamento Agrícola de Risco Climático- ZARC, regido pelo Decreto Nº 9.841/2019, tem por finalidade melhorar a qualidade e a disponibilidade de dados e informações sobre riscos agroclimáticos no Brasil, com ênfase no apoio à formulação, ao aperfeiçoamento e à operacionalização de programas e políticas públicas de gestão. O estudo é elaborado com o objetivo de minimizar os riscos relacionados aos fenômenos climáticos adversos e permite a cada município identificar a melhor época de plantio das culturas, nos diferentes tipos de solo e ciclos de cultivares. A técnica é de fácil entendimento e adoção pelos produtores rurais, agentes financeiros e demais usuários.

Na realização dos estudos de ZARC são analisados os parâmetros de clima, solo e ciclos de cultivares, a partir de uma metodologia validada pela Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (Embrapa) e adotada pelo Ministério da Agricultura e Pecuária. Dessa forma são quantificados os riscos climáticos envolvidos na condução das lavouras que podem ocasionar perdas na produção. O resultado do estudo é publicado por meio de portarias da Secretaria de Política Agrícola do MAPA, por cultura e Unidade da Federação, contendo a relação de municípios indicados ao plantio e seus respectivos calendários de plantio ou semeadura.

O Zoneamento Agrícola de Risco Climático - ZARC foi publicado pela primeira vez na safra de 1996 para a cultura do trigo. Atualmente, os estudos de Zoneamentos do MAPA já contemplam todas as Unidades da Federação e mais de 43 culturas

divididas entre espécies de ciclo anual e permanente, além do ZARC para o consórcio de milho com braquiária.

Para fazer jus ao Proagro, ao Proagro Mais e à subvenção federal ao prêmio do seguro rural, o produtor deve observar as recomendações deste pacote tecnológico.

Além disso, alguns agentes financeiros já estão condicionando a concessão do crédito rural à observância aos indicativos do ZARC[2].

O Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA) e a Embrapa costumam publicar a lista de culturas atendidas pelo ZARC anualmente. Essas culturas incluem grãos, frutas, fibras e algumas leguminosas, tais como soja, milho, trigo, arroz, feijão, café, cana-de-açúcar, algodão, entre outras.

O aplicativo Zarc "Plantio Certo"[3] é um aplicativo, disponível de forma gratuita para sistemas operacionais Android (Google) e IOS (Apple), que facilita os produtores rurais e outros agentes do agronegócio a acessar por meio de *tablets* e *smartphones*, de forma mais prática e de fácil compreensão, as informações oficiais do Zarc, facilitando a orientação quanto aos programas de política agrícola do Governo Federal. Mostra as melhores datas de plantio de 43 culturas. Foi lançado pela Embrapa em 2019. Ele facilita o acesso às informações do Zoneamento Agrícola de Risco Climático, ajudando agricultores e outros interessados a planejar o plantio de forma mais segura, com base em dados de risco climático específicos para cada região e cultura agrícola. Essa ferramenta é essencial para orientar o agricultor sobre as melhores épocas para plantio, considerando as variabilidades climáticas, e assim minimizar riscos e otimizar a produtividade agrícola.

A Agenda 2030 é um plano global que busca alcançar 17 Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS), os quais abrangem questões como a erradicação da pobreza, segurança alimentar, combate às mudanças climáticas e preservação ambiental. Proteger o planeta e garantir prosperidade para todos até o ano de 2030.

---

[2] (https://www.gov.br/agricultura/pt-br/assuntos/riscos-seguro/programa-nacional-de-zoneamento-agricola-de-risco-climatico/zoneamento-agricola)

[3] https://www.embrapa.br/busca-de-solucoes-tecnologicas/-/produto-servico/6516/aplicativo-zarc---plantio-certo.

O aplicativo móvel Zarc Plantio Certo, desenvolvido pela Embrapa Agricultura Digital (Campinas/SP), está disponível nas lojas de aplicativos: **iOS** e **Android.**

Apesar do ZARC ser uma iniciativa com objetivos diferentes da Agenda 2030, estão conectados em alguns aspectos, especialmente para promover o desenvolvimento sustentável e a resiliência às mudanças climáticas. Os ODS relevantes para o ZARC são:

- ODS 2 Fome Zero e Agricultura Sustentável - As recomendações do ZARC ajudam os produtores a maximizar a produção de alimentos em condições climáticas adversas, reduzindo assim a vulnerabilidade à fome.

Segundo a Embrapa (2020), "o ZARC é uma ferramenta técnica de apoio à política agrícola do país, que minimiza riscos de perdas na produção, tornando a agricultura mais eficiente e sustentável".

- ODS 13 Ação contra a Mudança Global do Clima - O ZARC auxilia diretamente nesse esforço, ao fornecer dados climáticos históricos e previsões de risco climático, permitindo que os agricultores se adaptem às novas condições climáticas e tomem decisões mais informadas.

De acordo com Jeffrey Sachs (2015), "a adaptação da agricultura às mudanças climáticas é essencial para garantir a segurança alimentar global e reduzir os impactos econômicos e sociais dos desastres climáticos".

- ODS 15 Vida Terrestre - O ZARC contribui para esse objetivo ao promover o uso adequado do solo e a preservação dos recursos naturais. Ao orientar os produtores sobre as culturas mais adequadas para cada tipo de solo e clima, ele reduz o risco de degradação da terra e promove a sustentabilidade ambiental.

Gro Harlem Brundtland (1987), "o desenvolvimento sustentável exige um equilíbrio entre a conservação ambiental e a produção econômica".

3.3 - Embrapa

Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária - Embrapa, foi fundada em 1973, com o objetivo de fortalecer o setor agrícola brasileiro por meio de pesquisa científica e desenvolvimento tecnológico. Vinculada ao Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA), a Embrapa tem um papel fundamental na modernização da agricultura no Brasil, adaptando e criando tecnologias que atendam desde os grandes produtores até a agricultura familiar. A instituição se destacou na criação de cultivares adaptadas para o Cerrado e outras regiões desafiadoras, como o semiárido brasileiro,

promovendo a expansão da fronteira agrícola e possibilitando uma produção mais sustentável (Alves.Eliseu, 2010).

Entre suas contribuições mais notáveis, está o desenvolvimento do Zoneamento Agrícola de Risco Climático (Zarc), uma ferramenta fundamental para o planejamento agrícola, que auxilia agricultores a escolherem o melhor período e locais para o cultivo de diversas culturas, reduzindo riscos climáticos e financeiros (Pellegrino et al., 2018). Além disso, a Embrapa desempenha um papel ativo na cooperação internacional, especialmente por meio da cooperação Sul-Sul, compartilhando seu conhecimento em agricultura tropical com países de África e América Latina. Esse intercâmbio técnico permite a adaptação de tecnologias brasileiras para condições similares, fortalecendo a segurança alimentar global e a resiliência climática (Drechsel et al., 2020).

Desde sua implementação, o ZARC tem se mostrado uma ferramenta indispensável para a agricultura brasileira, proporcionando benefícios significativos para produtores rurais, seguradoras e instituições financeiras. Conforme destacado por Sparovek et al. (2015), "o ZARC tem contribuído para a redução dos riscos climáticos na agricultura, auxiliando os agricultores na tomada de decisões mais informadas sobre o plantio e manejo das culturas". Além disso, é um requisito para a obtenção de crédito rural e seguro agrícola, o que reforça sua importância no planejamento e gestão da produção agrícola. O MAPA afirma que "o uso das informações do ZARC é condição obrigatória para a concessão de crédito rural oficial e para o acesso ao seguro agrícola, o que incentiva os produtores a seguirem as recomendações técnicas para minimizar os riscos climáticos" (MAPA, 2019).

No Brasil, uma das regiões mais vulneráveis às mudanças climáticas e que tem sido beneficiada pelo ZARC é o Nordeste. O clima semiárido é predominante na região, que possui 1,56 milhão de Km^2 (equivalente a 18,2% do território nacional) abrangendo os estados do Maranhão, Ceará, Rio Grande do Norte, Paraíba, Pernambuco, Alagoas, Sergipe, Bahia e Piauí. Além do Nordeste, há também áreas com clima semiárido no norte de Minas Gerais e Espírito Santo, na região Sudeste. Essas áreas são caracterizadas por baixas precipitações pluviométricas, alta evapotranspiração e períodos prolongados de seca, o que impõe desafios significativos para a agricultura e o abastecimento de água, que não conseguem suprir a demanda exigida pela população (SILVA et.al.,2010).

No semiárido brasileiro, a agricultura dominante é a de subsistência, com destaque para o cultivo de culturas resistentes à seca, que apenas utiliza água da chuva para conseguir completar seu ciclo como milho, feijão e mandioca. Além dessas, a região também se destaca pela produção de frutas tropicais, especialmente em áreas irrigadas, como o Vale do São Francisco, onde se produzem mangas e uvas em larga escala. Segundo a Embrapa, o Semiárido é caracterizado por um clima de alta variabilidade, marcado por longos períodos de seca e irregularidade nas precipitações, o que torna a agricultura uma atividade desafiadora na região. Com uma extensão que abrange cerca de 12% do território nacional, o Semiárido é habitado por aproximadamente 22 milhões de pessoas (MMA,2019), por pequenas propriedades e práticas agrícolas que buscam conviver com as adversidades climáticas, utilizando tecnologias de baixo custo e manejo sustentável (EMBRAPA, 2020).

De acordo com a Embrapa, "os pequenos agricultores do Semiárido são responsáveis por uma parcela considerável da produção de alimentos, apesar das dificuldades impostas pelas condições climáticas" (EMBRAPA, 2020). A falta de acesso a tecnologias avançadas, recursos financeiros limitados e a escassez de água são alguns dos principais obstáculos que esses produtores enfrentam. Para amenizar esses desafios, políticas públicas e programas de apoio, como o Programa Nacional de Fortalecimento da Agricultura Familiar (PRONAF), têm sido implementados para oferecer crédito, assistência técnica e capacitação. Conforme destacado pelo Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA), "o PRONAF tem sido crucial para melhorar a produtividade e a resiliência dos pequenos agricultores do semiárido, fornecendo os recursos necessários para a adoção de práticas agrícolas mais sustentáveis e eficientes" (MAPA, 2019). Além disso, a introdução de tecnologias de convivência com o Semiárido, como cisternas para armazenamento de água da chuva e sistemas de irrigação de baixo custo, tem ajudado a melhorar a sustentabilidade da produção agrícola na região. Programas de capacitação e extensão rural também desempenham um papel importante, capacitando os agricultores a adotarem práticas agrícolas que aumentem a eficiência do uso da água e a produtividade das culturas.

No semiárido brasileiro, diversas unidades da Embrapa colaboram para garantir que a ferramenta ZARC ofereça dados precisos e atualizados, adequados às condições específicas da região. As principais unidades que se destacam e que dão suporte ao ZARC são:

1) Embrapa Semiárido (Petrolina-PE) – é a principal unidade envolvida na adaptação do ZARC na região, concedendo informações primordiais sobre as culturas do semiárido, e desenvolve pesquisas sobre a resiliência de sistemas agrícolas em condições de estresse hídrico, fatores fundamentais para a eficácia do ZARC na região (EMBRAPA, 2023).
2) Embrapa Solos (Rio de Janeiro-RJ) - contribui ao fornecer dados detalhados sobre os tipos de solo e práticas de manejo no semiárido. Esses dados são fundamentais para que o ZARC inclua recomendações adaptadas às condições edafoclimáticas da região, ajudando os agricultores a planejar o plantio de culturas de maneira mais eficiente (EMBRAPA, 2023).
3) Embrapa Informática Agropecuária (Campinas, SP) - embora localizada fora da região semiárida, ela desempenha um papel crucial no processamento dos dados climáticos e agronômicos que alimentam o ZARC. A unidade utiliza tecnologias avançadas de big data e modelagem para garantir que o ZARC seja constantemente atualizado com as informações mais recentes, ajudando a prever o risco climático para diferentes culturas (EMBRAPA, 2023).
4) A Embrapa Agrometeorologia (Jaguariúna, SP) - é responsável por fornecer as bases meteorológicas que sustentam o ZARC. A unidade realiza estudos de clima e variações meteorológicas específicos para o semiárido, permitindo que o ZARC ofereça previsões mais precisas sobre as melhores janelas de plantio e colheita (EMBRAPA, 2023).
5) A Embrapa Territorial (Campinas, SP) - colabora por meio da geração de mapas geoespaciais que detalham as zonas de risco agrícola no semiárido. Permitindo a regionalização das recomendações do ZARC, assegurando que os produtores tenham acesso a orientações ajustadas às especificidades territoriais da região semiárida (EMBRAPA, 2023).

Há uma sinergia entre essas unidades da Embrapa que fortalece o trabalho em conjunto para garantir que o ZARC no semiárido seja uma ferramenta robusta e confiável, capaz de orientar os agricultores em suas decisões sobre o plantio, minimizando os riscos climáticos e promovendo a segurança alimentar na região, garantindo a adaptação das tecnologias e práticas agrícolas às condições climáticas e de solo características da região.

Embora sua aplicação tenha sido inicialmente restrita ao Brasil, a metodologia do ZARC tem demonstrado um enorme potencial de internacionalização,

especialmente para regiões com condições climáticas adversas. Neste contexto, sua adoção global é facilitada pela sua adaptabilidade e pelas colaborações no âmbito da cooperação Sul-Sul.

A cooperação internacional refere-se ao processo pelo qual países e organizações internacionais colaboram para alcançar objetivos comuns, promovendo o desenvolvimento econômico, social e político de diferentes regiões - Keohane e Nye (2001), "a interdependência global aumentou a necessidade dos países cooperarem, pois muitas questões contemporâneas, como mudanças climáticas e crises econômicas, transcendem as fronteiras nacionais e requerem esforços conjuntos".

Atualmente, o ZARC é um programa consolidado e de abrangência nacional. É atualizado anualmente, levando em consideração os avanços científicos e tecnológicos, bem como as mudanças nas condições climáticas. Os resultados do ZARC são divulgados através de mapas e informações disponibilizadas pelo MAPA, permitindo que os agricultores acessem as recomendações específicas para suas regiões e culturas, contribuindo para uma tomada de decisão mais informada e assertiva. A metodologia utilizada envolve a análise de dados climáticos históricos, características dos solos e das culturas, resultando em recomendações de épocas de plantio e zonas aptas para o cultivo, com menor risco climático. De acordo com a EMBRAPA, "o ZARC utiliza uma base de dados climatológica robusta, que considera variáveis como precipitação, temperatura e umidade do solo, para definir as melhores janelas de plantio para cada cultura em diferentes regiões do país" (EMBRAPA, 2020).

A Embrapa é a instituição responsável pelo desenvolvimento da metodologia utilizada na avaliação de todos esses parâmetros. Além disso, ela também é responsável pela aplicação do zoneamento agrícola no país.

3.4 – Cooperação Internacional e a Cooperação Sul-Sul

A cooperação internacional é uma forma de interação entre países e organizações que visa enfrentar desafios globais, como a segurança alimentar, a saúde pública e a mudança climática, promovendo o desenvolvimento e a redução das desigualdades. Essa cooperação ocorre por meio de parcerias, transferências de tecnologia, investimentos, trocas de conhecimentos e capacitação de recursos humanos. No Brasil, a cooperação internacional assume várias formas, incluindo a Cooperação Sul-Sul, que

é uma abordagem centrada na solidariedade entre países em desenvolvimento para a construção conjunta de soluções adaptadas às suas realidades (Fonseca, 2011).

A cooperação Sul-Sul é um fenômeno crescente e fundamental nas relações internacionais contemporâneas, caracterizando-se pela colaboração entre países do hemisfério sul (América Latina, África e Ásia) menos hierárquicas, baseadas na troca mútua de conhecimentos e na adaptação de tecnologias de acordo com o contexto local dos países parceiros (Leite, 2020) para enfrentar desafios comuns e promover o desenvolvimento sustentável. Ela se baseia na troca de conhecimentos, tecnologias, recursos e experiências (setores como agricultura, saúde e educação) entre países do mesmo contexto socioeconômico

A Agência Brasileira de Cooperação (ABC) é um órgão fundamental nesse processo, facilitando a coordenação de projetos e trocas técnicas, em que o Brasil contribui com suas próprias experiências em áreas como segurança alimentar, agricultura sustentável e programas de combate à pobreza (Almeida, 2019). A Embrapa, por exemplo, é uma parceira chave em projetos de cooperação Sul-Sul, especialmente na África e América Latina, onde compartilha tecnologias e práticas agrícolas sustentáveis que foram desenvolvidas e adaptadas ao clima tropical brasileiro (Ferreira, 2018).

A disseminação do ZARC para outras regiões tem sido facilitada por iniciativas de cooperação Sul-Sul, que envolvem o compartilhamento de tecnologia e conhecimento entre países em desenvolvimento. O Brasil, como um ator relevante em cooperação técnica internacional, tem promovido a transferência de tecnologia agrícola, incluindo o ZARC, para regiões semiáridas e tropicais, como as localizadas na África, América Latina e sul da Ásia.

- Abdalla et al. (2018) destacam que "a capacidade do ZARC de integrar dados climáticos e fornecer previsões precisas pode ser a chave para a resiliência agrícola em regiões semiáridas da África".

- Nobre et al. (2020) observam que "a transferência de tecnologias como o ZARC no âmbito da cooperação Sul-Sul tem o potencial de promover a sustentabilidade agrícola em países vulneráveis às mudanças climáticas". O intercâmbio de experiências entre países em desenvolvimento é essencial para a adaptação eficaz da

ferramenta às condições locais, uma vez que as variáveis climáticas e os desafios agrícolas variam consideravelmente.

Outra região que pode ser beneficiada pelo ZARC é o Corredor Seco da América Central, que abrange partes da Guatemala, El Salvador, Honduras e Nicarágua, caracterizado por um clima semiárido que apresenta condições climáticas muito semelhantes às encontradas no Semiárido brasileiro. Este corredor enfrenta desafios significativos devido à irregularidade das chuvas curtas e intensas, altas temperaturas e longos períodos de seca, o que impacta severamente a agricultura e a segurança alimentar das populações locais. De acordo com o Programa Mundial de Alimentos (PMA), "a variabilidade climática no Corredor Seco da América Central leva a frequentes secas e períodos de chuva intensa, resultando em baixos rendimentos agrícolas e insegurança alimentar" (PMA, 2017). As condições adversas do clima, juntamente com a degradação do solo e a desflorestação, exacerbam a vulnerabilidade das comunidades agrícolas na região.

Assim como no Semiárido brasileiro, a agricultura no Corredor Seco é predominantemente de subsistência, com o cultivo de milho e feijão sendo as principais atividades agrícolas. A Food and Agriculture Organization (FAO) destaca que "os pequenos agricultores no Corredor Seco dependem de práticas agrícolas tradicionais, que são frequentemente insuficientes para lidar com a severidade das condições climáticas" (FAO, 2019). Iniciativas para aumentar a resiliência climática, como a introdução de técnicas de conservação de água e solo, e programas de capacitação para agricultores, são essenciais para enfrentar os desafios impostos pelo clima semiárido. A FAO observa que "investir em práticas agrícolas sustentáveis e em tecnologias de gestão de recursos hídricos é crucial para melhorar a resiliência dos pequenos agricultores no Corredor Seco" (FAO, 2019).

A Food and Agriculture Organization (FAO) implementa diversos projetos no Corredor Seco da América Central para apoiar pequenos produtores a enfrentarem os desafios climáticos e melhorarem suas condições de vida. Esses projetos focam principalmente na resiliência climática, na segurança alimentar e no desenvolvimento sustentável. As iniciativas são:

- Projeto "Sembrando Resiliencia en el Corredor Seco Centroamericano" - "o projeto inclui a capacitação dos agricultores em técnicas como a

agrofloresta e a gestão integrada de recursos hídricos, além de fornecer assistência técnica para a implementação dessas práticas" (FAO, 2019)

- Projeto "Programa de Adaptación al Cambio Climático en el Corredor Seco de América Central" – “o programa capacita os agricultores para utilizarem variedades de cultivos resistentes à seca e implementar práticas de cultivo conservacionistas, melhorando a capacidade de adaptação das comunidades agrícolas" (FAO, 2020).
- Projeto "Resilient Livelihoods and Food Security in the Dry Corridor of Central America"- "o projeto também foca na melhoria da nutrição através da promoção de hortas comunitárias e escolares, contribuindo para a segurança alimentar e a resiliência das comunidades" (FAO, 2021).
- Projeto "Sustainable Management of the Dry Corridor Ecosystems" - "o projeto promove a restauração de paisagens degradadas e a implementação de sistemas agroflorestais, integrando conservação ambiental com produção agrícola" (FAO, 2018).
- Projeto “Inovação para a redução de riscos agroambientais nos países do Corredor Seco da América Central – Zoneamento Agrícola de Risco Climático (ZARC) e gestão de recursos hídricos” - é uma iniciativa vital para enfrentar os desafios climáticos e ambientais da região. Ao adaptar a metodologia do ZARC e promover a gestão sustentável dos recursos hídricos, a FAO está ajudando os pequenos produtores a aumentar sua resiliência e a produtividade agrícola, garantindo um desenvolvimento agrícola mais sustentável e eficiente.

A ferramenta Zoneamento Agrícola de Risco Climático (ZARC) pode significativamente beneficiar os países do Corredor Seco da América Central ao proporcionar informações detalhadas sobre as melhores épocas e zonas para o plantio, considerando as condições climáticas locais. Isso é essencial em uma região onde a variabilidade climática e a frequência de secas severas comprometem a produção agrícola e a segurança alimentar. Ao adaptar a metodologia do ZARC, os agricultores locais podem tomar decisões mais informadas sobre o plantio e a gestão de suas culturas, reduzindo os riscos associados a eventos climáticos extremos e aumentando a produtividade agrícola. Segundo a FAO, "a adaptação do ZARC pode fornecer recomendações específicas para cada região, ajudando os agricultores a otimizar suas práticas agrícolas e reduzir riscos" (FAO, 2019).

Além disso, o ZARC pode ser integrado com práticas de gestão sustentável dos recursos hídricos, essenciais para a sobrevivência agrícola em regiões semiáridas. Isso inclui a promoção de técnicas de irrigação eficiente e a conservação do solo, que são cruciais para maximizar o uso limitado de água disponível. O uso da ferramenta ZARC, combinado com programas de capacitação para agricultores, pode melhorar a resiliência climática das comunidades agrícolas, garantindo um desenvolvimento agrícola mais sustentável e eficiente. De acordo com a FAO, "a integração do ZARC com estratégias de gestão de recursos hídricos pode melhorar significativamente a eficiência do uso da água na agricultura, crucial para a sustentabilidade em regiões secas" (FAO, 2018).

4. Metodologia

Consistiu em revisão bibliográfica, compilando e analisando alguns estudos acadêmicos, relatórios técnicos, documentos governamentais e publicações relevantes sobre: i) conceito e aplicação do ZARC; ii) características climáticas e agrícolas do semiárido brasileiro; iii) situação socioeconômica dos pequenos produtores nessa região; iii) como ajudar os países do Corredor Seco da América Central, na utilização da ferramenta ZARC; e iv) o papel do Brasil na cooperação Sul-Sul e exemplos de transferência de tecnologia agrícola.

Para avaliação da cooperação Sul-Sul foi examinado alguns documentos de políticas, acordos de cooperação e relatórios de projetos para avaliar como a experiência brasileira com o ZARC tem sido compartilhada com outros países. Isso incluirá: - Documentação oficial: análise de documentos de agências governamentais e internacionais sobre projetos de cooperação

Integrou-se os achados das diferentes etapas da pesquisa para fornecer uma visão compreensiva da importância do ZARC para os pequenos produtores do semiárido e sua contribuição para a cooperação Sul-Sul, permitindo síntese para discutir com o impacto do ZARC na resiliência e produtividade agrícola no semiárido, as percepções e adaptações dos pequenos produtores e, as implicações da transferência de tecnologia e conhecimento no âmbito da cooperação Sul-Sul.

5. Resultados e discussão

Responder ao problema da pesquisa de modo a sensibilizar o setor público da importância de se criar mais políticas voltada para o ZARC, em especial que atenda à região do semiárido brasileiro.

Mostrar como a ferramenta ZARC não só beneficia os agricultores locais, mas também serve como um exemplo de boas práticas que podem ser adaptadas e aplicadas em outras regiões do mundo, promovendo uma colaboração internacional eficaz na luta contra os desafios climáticos.

Promover a produção acadêmica sobre o ZARC e aumentar sua visibilidade na sociedade é essencial para maximizar seus benefícios. Ao investir em pesquisas, colaborações internacionais e disseminação de conhecimento, é possível não apenas melhorar a resiliência agrícola no semiárido brasileiro, mas também compartilhar essas soluções com os países do corredor seco da América Central e de outros países, fortalecendo a cooperação internacional e contribuindo para a segurança alimentar global.

- Identificação das principais variáveis climáticas que influenciam a produtividade agrícola no semiárido.
- Avaliação da eficácia do ZARC na mitigação de riscos climáticos.
- Propostas de políticas públicas baseadas nos resultados obtidos.
- Análise da aplicabilidade do ZARC em países parceiros da Cooperação Sul-Sul.

Para sensibilizar o setor público sobre a importância de uma política voltada ao Zoneamento Agrícola de Risco Climático (ZARC) no semiárido brasileiro e no corredor seco da América Central, algumas estratégias-chave buscam aumentar a conscientização sobre os benefícios do ZARC e incentivar uma resposta pública integrada para sua implementação, como: (i) utilizar estudos de impacto e mapeamento de riscos climáticos para evidenciar as perdas no setor agrícola e mostrar como o ZARC pode prevenir desastres; (ii) diálogo políticos com ministérios, governos locais e parlamentares para destacar os benefícios do ZARC e sua importância no desenvolvimento sustentável;(iii) organizar workshops com especialistas e envolver instituições de pesquisa, como Embrapa, para gerar soluções regionais que embasem políticas públicas; (iv) envolver produtores, cooperativas e empresas do setor agrícola para apoiar a criação de políticas de gestão de risco; (v) mostrar casos de sucesso em

países com desafios climáticos semelhantes e promover intercâmbios de conhecimento e; vi) criar campanhas de mídia e produzir conteúdo educativos que expliquem os benefícios do ZARC para a resiliência agrícola.

Promover a produção acadêmica e aumentar a visibilidade do Zoneamento Agrícola de Risco Climático (ZARC) é fundamental para aprimorar sua aplicação e fortalecer a resiliência agrícola, especialmente no semiárido brasileiro. Isso inclui incentivar pesquisas e publicações, além de criar colaborações internacionais para compartilhar soluções com regiões vulneráveis, como o corredor seco da América Central.

A disseminação do ZARC por meio da capacitação de agricultores e campanhas de comunicação é essencial para ampliar sua adoção. A ferramenta pode ser adaptada a diferentes contextos climáticos, promovendo a segurança alimentar global. O ZARC também pode influenciar políticas públicas internacionais e estar alinhado com os Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS), contribuindo para a mitigação de riscos climáticos e combate à fome.

A identificação das variáveis climáticas que influenciam a produtividade agrícola no semiárido é crucial para formular estratégias de adaptação e mitigação. A precipitação, caracterizada por distribuição irregular e déficit hídrico, é um fator limitante, enquanto as altas temperaturas e a amplitude térmica diária afetam o crescimento das plantas. A radiação solar, apesar de necessária para a fotossíntese, em excesso pode causar estresse nas culturas. A evapotranspiração elevada, baixa umidade relativa do ar e ventos fortes aumentam o estresse hídrico e a erosão do solo, reduzindo a produtividade agrícola no semiárido.

O Zoneamento Agrícola de Risco Climático (ZARC) é uma ferramenta eficaz na mitigação de riscos climáticos, especialmente no semiárido brasileiro. Ele melhora o planejamento agrícola, reduzindo perdas ao recomendar períodos de plantio ideais e culturas adequadas. O ZARC também fortalece a resiliência às mudanças climáticas, identificando áreas de risco e promovendo a adaptação agrícola. Além disso, apoia políticas públicas, como o seguro rural e o crédito agrícola. Incentiva a diversificação de culturas, reduzindo a vulnerabilidade a eventos extremos e contribui para a sustentabilidade ambiental, otimizando o uso da água e preservando o sol.

A ferramenta pode fundamentar várias políticas públicas para uma agricultura mais resiliente e sustentável. Para isso é importante criar uma política nacional de

zoneamento agrícola, tornando o ZARC obrigatório no planejamento rural, além de um plano de desenvolvimento sustentável baseado em suas diretrizes (Silva et al.,2020), ampliar a cobertura do seguro agrícola com base da ferramenta, beneficiando mais culturas e regiões, além de aumentar subsídios aos pequenos agricultores, condicionar o crédito rural ao cumprimento das recomendações, oferecer incentivos fiscais para práticas agrícolas sustentáveis e, usar o ZARC para orientar investimentos em irrigação e gestão de recursos hídricos, garantindo acesso sustentável à água em regiões semiáridas.

A Agência Brasileira de Cooperação (ABC) desempenha um papel central na coordenação e implementação da política de cooperação técnica internacional do Brasil, alinhada com os princípios da solidariedade e não interferência nos assuntos internos dos países parceiros. Tem como foco principal a cooperação técnica, que visa transferir conhecimentos e experiências adquiridas pelo Brasil em áreas estratégicas, como a agricultura tropical, saúde pública e o combate à pobreza. Um exemplo notável é a parceria com países africanos e latino-americanos para o desenvolvimento agrícola sustentável, por meio de projetos em colaboração com instituições brasileiras, como a Embrapa. Essas iniciativas buscam fortalecer a capacidade produtiva dos países parceiros, contribuindo para sua segurança alimentar (ABC, 2023).

O semiárido brasileiro tem sido um campo de atuação importante para a ABC, que, em parceria com instituições como a Embrapa, promove a transferência de tecnologia para regiões áridas e semiáridas de países da África e América Latina. A experiência brasileira na convivência com a seca e na gestão sustentável de recursos hídricos tem sido utilizada como exemplo em países que enfrentam desafios semelhantes.

O ZARC é uma ferramenta valiosa na Cooperação Sul-Sul (CSS), proporcionando aos países em desenvolvimento enfrentar desafios climáticos na agricultura, sendo os principais pontos sobre a aplicabilidade do ZARC nos países parceiros da CSS:(i) suas condições de semelhança climática – No corredor Seco o ZARC pode ajudar a ajustar épocas de plantio e selecionar culturas apropriadas para essas condições (Franco et al., 2020) e na África Subsaariana como Moçambique e Angola que enfrentam secas sazonais o ZARC pode melhorar a segurança alimentar e a resiliência climática (Lima et al., 2021); (ii) a transferência de conhecimento – capacitar os técnicos locais, em parceria com instituições brasileiras, é crucial para o sucesso do ZARC (Franco et al.,

2020) e na adaptação tecnológica – o ZARC pode ser ajustado para contextos locais com a criação de infraestruturas de coleta de dados e treinamento de equipes locais (Santos et al., 2021); (iii) as políticas de seguro agrícola- que utiliza o ZARC para criar seguros agrícolas adaptados às condições locais, aumentando a segurança financeira dos agricultores (Lima et al., 2021) e planejamento Agrícola e Crédito Rural- o ZARC pode orientar o planejamento agrícola e facilitar o acesso ao crédito rural, ajudando a direcionar recursos para áreas de menor risco climático (Santos et al., 2021); iv) as melhoria na resiliência climática - o ZARC pode melhorar o planejamento agrícola, ajudando agricultores a lidar com eventos climáticos extremos e aumentando a resiliência (Franco et al., 2020) e na segurança alimentar – melhorando o planejamento agrícola com a ferramenta ZARC pode aumentar a produção de alimentos e a segurança alimentar em regiões vulneráveis (Lima et al., 2021) e (v) por fim, e não menos importante a falta de infraestrutura para coleta de dados é um desafio.

Superar isso requer investimentos e cooperação técnica (Santos et al., 2021) e as parcerias internacionais são essenciais para superar desafios e garantir a adaptação e implementação bem-sucedida do ZARC (Franco et al., 2020).

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Nas últimas décadas o problema climático no mundo tem se intensificado, causando impactos devastadores nas economias, nos ecossistemas e na vida das populações mais vulneráveis. As mudanças climáticas, marcadas por eventos extremos como secas, inundações e temperaturas elevadas, têm se refletido com intensidade no Brasil, particularmente nas regiões mais áridas, como o semiárido nordestino. Nesse cenário, a adoção de políticas públicas voltadas para a atenuação e adaptação a essas mudanças é essencial para garantir a capacidade de recuperação dos pequenos produtores rurais que dependem da agricultura familiar para sua subsistência.

O Zoneamento Agrícola de Risco Climático (ZARC) destaca-se como uma ferramenta importante para enfrentar os desafios impostos pelas mudanças climáticas no Brasil. Ao fornecer informações detalhadas sobre os riscos climáticos associados a diferentes culturas e regiões, o ele permite que os pequenos produtores do semiárido tomem decisões mais assertivas sobre o plantio, contribuindo para a redução das perdas agrícolas. A integração dessa ferramenta às políticas públicas voltadas para o

setor agrícola e o desenvolvimento sustentável garante a esses produtores maior segurança, uma vez que orienta o acesso ao crédito rural e às políticas de seguro agrícola.

A relação entre o ZARC e a Agenda 2030 é clara e estratégica. Ele representa uma ferramenta indispensável para a adaptação da agricultura brasileira às mudanças climáticas, contribuindo significativamente para a realização dos Objetivos de Desenvolvimento Sustentável, mesmo enfrentando desafios como a necessidade de financiamento adequado, a capacitação técnica dos agricultores e a integração de dados climáticos precisos.

Além disso, a ferramenta também apresenta grande potencial para fortalecer a cooperação Sul-Sul, servindo de exemplo para outros países em desenvolvimento que enfrentam condições climáticas semelhantes. Em especial, os países do corredor seco (América Central), da América Latina e África, que compartilham os desafios do semiárido brasileiro, podem se beneficiar do conhecimento e da tecnologia oferecidos por essa ferramenta. A disseminação do ZARC nessas regiões, por meio de parcerias entre governos e instituições de pesquisa, pode promover a adaptação climática e o desenvolvimento rural sustentável em escala global.

Portanto, o ZARC não é apenas uma solução para os pequenos produtores brasileiros, mas uma ferramenta de importância internacional para enfrentar o problema climático cada vez mais evidente no mundo. A capacidade dessa tecnologia que está em constante atualização de reduzir riscos e melhorar a eficiência da produção agrícola pode ser um modelo replicável em diferentes contextos globais, oferecendo benefícios tangíveis em um mundo cada vez mais afetado pelas mudanças climáticas. Através de políticas públicas eficazes e da cooperação internacional, ferramentas como o ZARC podem ser cruciais para promover um futuro agrícola mais sustentável.

Vale ressalta que foi observado a falta de conhecimento, da ferramenta ZARC no meio acadêmico. Para ampliar sua divulgação, seria crucial integrá-la aos currículos das escolas técnicas agrícolas e universidades, especialmente em cursos de agronomia, geografia, e ciências ambientais. Esse esforço educacional poderia incluir seminários, palestras e projetos práticos que demonstrem como a ferramenta auxilia na escolha de culturas certas em períodos de plantio mais seguros, reduzindo perdas e promovendo a sustentabilidade no setor agrícola. A disseminação desse conhecimento nas instituições de ensino não só prepara os futuros profissionais para usarem a

tecnologia de forma eficaz, como também contribui para que o Brasil lidere iniciativas de cooperação internacional baseadas em boas práticas de adaptação às mudanças climáticas.

Referências

ABC. “Cooperação Técnica.” ABC - Agência Brasileira de Cooperação, 2021. Disponível em: www.gov.br/abc/pt-br/assuntos/cooperacao-tecnica/cooperacao-tecnica.

ACORDO DE PARIS: Abril de 2016. Disponível em: https://antigo.mma.gov.br/clima/convencao-das-nacoes-unidas/acordo-de-paris.html#:~:text=O%20Acordo%20de%20Paris%20foi,no%20contexto%20do%20desenvolvimento%20sustent%C3%A1vel.

ALMEIDA, M. (2019). A Cooperação Brasileira para o Desenvolvimento Internacional: uma análise crítica. São Paulo: Editora FGV.

ALMEIDA, R. P., Santana, J. S., & Machado, T. M. (2022). *Cooperação Sul-Sul e segurança alimentar: a experiência do ZARC brasileiro e as perspectivas para a América Central*. Revista Internacional de Políticas Públicas, 25(1), 119-137.

ALVES, E. (2010). "O sistema de inovação da agricultura no Brasil." *Revista de Política Agrícola*, 19(1), 5-18.

ANGELOTTI, F. FERNANDES JUNIOR, P.I.SA.I.B.2011.”Mudanças climáticas no Semiárido brasileiro: medidas de mitigação e adaptação”. Disponível em http://www.alice.cnptia.embrapa.br/alice/handle/doc/923057.

ASSAD, E.D. Agricultura e mudanças climáticas: o que esperar no futuro. Disponível em: https://www.embrapa.br/en/-/artigo-eduardo-delgado-assad

CARDOSO, M. O., Oliveira, R. P., & Santos, J. M. (2020). *Aplicação do ZARC no semiárido brasileiro: desafios e oportunidades para a agricultura familiar*. Revista Brasileira de Climatologia.

CORRIA, R.C.; KILL,L.H.P.;MOURA, M.S.B. de; CUNHA,T.J.F.; JESUS JUNIOR, L.A. de;ARAUJO,J.L.P. “A Região semiárida brasileira”. Atualizada 30 de maio de 2017. Disponível em:

https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/54762/1/01-A-região-semiarida-brasileira.pdf-18-12-2011.pdf

DOS SANTOS, A.P., et al. O SEMIÁRIDO BRASILEIRO: Riquezas, diversidades e saberes. 2013. Disponível em: https://www.gov.br/insa/pt-br/centrais-de-conteudo/publicacoes-do-insa/desertificacao/o-semiarido-brasileiro-riquezas-diversidades-e-saberes_compressed.pdf/view

EMBRAPA (2021). Zoneamento Agrícola de Risco Climático. Disponível em: https://www.embrapa.br/publicacoes/-/publicacao/1136438/zoneamento-agricola-de-risco-climatico-zarc.

EMBRAPA. Embrapa Semiárido: pesquisa e desenvolvimento. Petrolina: Embrapa Semiárido, 2023. Disponível em: www.embrapa.br/semiarido. Acesso em: Set. 2024.

EMBRAPA. Embrapa Solos: projetos e inovações. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2023. Disponível em: www.embrapa.br/solos.

FERREIRA, J. (2018). "Embrapa e a Cooperação Sul-Sul: A contribuição brasileira para a agricultura sustentável em países em desenvolvimento." *Revista Brasileira de Estudos Internacionais*".

FONSECA, J. M. (2011). "A Cooperação Internacional para o Desenvolvimento: Um enfoque crítico." *Cadernos do Desenvolvimento.*

LEITE, I. C. (2020). *Cooperação Sul-Sul em Perspectiva: Conceitos e Práticas no Brasil e no Mundo*. Rio de Janeiro: Editora Fiocruz.

MAPA. “Manual do Gestor ZARC – Zoneamento Agrícola de Risco Climático V 1.1 – atualizado em 25 de maio 2023 – Disponível em: https://www.gov.br/agricultura/pt-br/assuntos/riscos-seguro/programa-nacional-de-zoneamento-agricola-de-risco-climatico/ManualdoGestorZARC..pdf/view

MAPA. (2020). Políticas Públicas e o Zoneamento Agrícola de Risco Climático no Brasil. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Disponível em: https://www.gov.br/agricultura/pt-br/assuntos/riscos-seguro/programa-nacional-de-zoneamento-agricola-de-risco-climatico

MONTEIRO, J.E.B.A., OLIVEIRA, A.F., & NAKAI, A.M. (2014). "TIC em agrometeorologia e mudanças climáticas". Disponível em: https://www.alice.cnptia.embrapa.br/alice/handle/doc/1010728

MONTEIRO, J. E. B. de A, et al (2021). “Zoneamento Agrícola de Risco Climático (ZARC). Disponível em: https://www.alice.cnptia.embrapa.br/alice/handle/doc/1136438

PELLEGRINO, G. Q., Valério, A. F., Oliveira, L. A., & Martins, A. A. (2018). "Zoneamento Agrícola de Risco Climático (ZARC): ferramenta para a mitigação de riscos de produção no Brasil." *Agricultura em Transformação*, 7(3), 45-59.

PROGRAMA MUNDIAL DE ALIMENTO (PMA). (2017). "Building Resilience in the Dry Corridor of Central America." Disponível em: PMA Building Resilience

PAINEL INTERGOVERNAMENTAL SOBRE MUDANÇAS CLIMÁTICAS (IPCC) - Climate Change 2021: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Cambridge University Press.

SILVA, L. S., Pereira, F. J., & Costa, A. L. (2021). *Zoneamento Agrícola de Risco Climático: transferência de tecnologia para o Corredor Seco da América Central* . Embrapa Estudos Tecnológicos.

SILVA, T., et al. Políticas Públicas e o ZARC: Estratégias para o Desenvolvimento Sustentável no Semiárido Brasileiro. Revista Brasileira de Desenvolvimento Rural, 2020.