



Universidade de Brasília (UnB)

Centro de Desenvolvimento Sustentável (CDS)

Programa de Pós-graduação em Desenvolvimento Sustentável (PPG-CDS)

MYLENA CAROLINA SILVA NOGUEIRA

**AVALIAÇÃO DE VULNERABILIDADE DA AGRICULTURA FAMILIAR EM
CONTEXTO DE CRISE CLIMÁTICA: UMA PROPOSTA METODOLÓGICA**

Brasília, DF

2025

Mylena Carolina Silva Nogueira

**Avaliação de vulnerabilidade da Agricultura Familiar em contexto de crise climática:
uma proposta metodológica**

Dissertação apresentada como requisito parcial para a obtenção do título de Mestre em Desenvolvimento Sustentável pelo Programa de Pós-graduação em Desenvolvimento Sustentável da Universidade de Brasília (PPG/CDS-UnB).

Orientadora: Dra. Laura Angélica Ferreira Darnet.

Brasília, DF

2025

Mylena Carolina Silva Nogueira

Agricultura familiar e crise climática: análise de vulnerabilidade à seca no programa de assentamento dirigido do distrito federal (PAD/DF)

Dissertação apresentada como requisito parcial para a obtenção do título de Mestre em Desenvolvimento Sustentável pelo Programa de Pós-graduação em Desenvolvimento Sustentável da Universidade de Brasília (PPG/CDS-UnB).

Data de aprovação: ____/____/____

Banca examinadora:

Laura Angélica Ferreira Darnet - Presidente
Centro de Desenvolvimento Sustentável - Universidade de Brasília

Diego Pereira Lindoso
Centro de Desenvolvimento Sustentável - Universidade de Brasília

Cláudia de Souza
GIZ

*Na monótona e monocolorida paisagem da planície,
máquinas possantes vencem o tempo e o espaço e diluem
da imagem qualquer presença humana.*

Maria de Nazareth B. Wanderley

*Mandacaru, xiquexique
Coroa-de-frade e quipá
Macambira, unha-de-gato
Jurema e caroá
A beleza dos espinhos
Ornamentam os caminhos
Onde eu gosto de andar*

Antônio Bispo dos Santos (Nego Bispo)

AGRADECIMENTOS

Uma vez minha orientadora Laura me disse que o que eu iria aprender no mestrado seria muito maior do que cabe aqui nesse documento, e hoje começo agradecendo por, enfim, ter entendido o que ela quis me dizer. Agradeço à Espiritualidade, por abrir e enfeitar os caminhos, pelo amparo cotidiano e força que se renova. Ao Tempo, por fazer e desfazer, ensinar os passos e preparar o solo. À Laura, pela orientação acolhedora, paciente e compreensiva. Ao Professor Diego, pela generosidade e contribuições valiosas para que o trabalho acontecesse. Agradeço de coração à todos os agricultores que abriram as portas de suas casas para conceder entrevistas. Nesse processo aprendi que a observação e a escuta ensinam mais do que é possível imaginar e que pesquisar é, antes de tudo, aprender a olhar com zelo e respeito.

Agradeço aos meus irmãos Gustavo, Danilo, Heitor e Iago, pela intimidade e a Graça de termos sido crianças juntos, e por essas crianças continuarem vivendo, renovando os meus sentidos, sempre que estamos perto um do outro. Por eles, tudo o que posso dar de mim. À minha mãe, por ser o meu início, acompanhar de perto os meus meios, e conhecer sempre os meus fins, por me ensinar as belezas do que é ser humana e o charme de estar na vida com inteireza. Ao meu pai por acreditar tanto em mim, fazendo a alquimia de transformar os sonhos em coragem, e da coragem fazer dos sonhos frutos a serem colhidos. Acompanhar a sua colheita me lembra de também semear. Agradeço a benção de ter tido três avós. À minha vó Rute, agradeço a ternura de enfrentar tudo com alegria, por fazer da dor, festa, por fazer das lágrimas, risos férteis, por nos ensinar que a cabeça se ergue é com humildade e que o cuidado com as pessoas é o jeito mais bonito de existir. À minha vó Zélia agradeço a teimosia, o olho que ria e o pé que não arredava, por ter sido, antes de tudo, uma mulher que viveu do que desejou, mágica que a gente só acredita vendo. À minha vó Francisca, agradeço por seu antigo quintal ser palco das minhas primeiras lembranças, por ensinar a firmeza do pulso e o carinho das memórias. Ao meu avô Nilo agradeço a poesia, e aqui falo daquela que não se manifesta na escrita, mas nos olhos, no vento, nas estradas, nas cores e nas conversas. Agradeço por toda lágrima e todo riso que compartilhamos e pela sorte de encontrar nele um amigo que me ensina a ser. Aos meus tios Gleide e Darlan, agradeço por serem portos sempre seguros, por serem mãos que sustentam os primeiros passos, e mãos que aplaudem as chegadas. Sem cada um deles, eu não seria.

À minha companheira Bárbara, agradeço por me ensinar o cotidiano do amor, o hábito do cuidado, por não deixar que eu me perdesse em/de mim mesma, pela paciência e coragem de enfrentar comigo as minhas lutas, pelas mãos dadas e velas acesas no nosso caminho. Às minhas amizades que me mantêm de pé, obrigada pela escuta amorosa e presença cuidadosa ao longo

de todo esse processo. Júlia, pelo porto carinhoso e pelas mãos de cuidar. Gabriel, pela coragem na existência. Letícia, pelas palavras que acolhem e silêncios que entendem. Bruna, pela eternidade de um amor da infância. Fabrícia, por me ensinar a dizer. Vinícius, pela disposição da presença. Victor, pelas ideias e risos sem fim. Ana Luísa, pela curiosidade afetuosa. Heloísa, pela instiga de se colocar. Andressa, pela ousadia do fazer. Júlia, minha cunhada-amiga, pela irmandade, incentivo e admiração mútua. Sofia, pela ajuda com os mapas e com o amor. Ana Beatriz, pelo gosto saboroso de ser quem é. Daniel, pela força da calma. Verena, pelos acasos que constroem estradas. Vitória, pelas belezas do tentar. Nauê, por me apresentar o amor de tia, riso largo que engrandece tudo. Miguel, pela sinceridade mansa. Bruna e Ayrton, pela casa e família que nasce do coração. À minha psicóloga Nayara, agradeço pelas mãos dadas nas descobertas.

À Vida, pelas caminhadas que vão se costurando com fios de fazer sentido.

RESUMO

Os impactos da crise climática, ampliados por atividades antropogênicas, como as mudanças no uso e ocupação do solo promovidas pela agricultura industrial, afetam de forma desigual os territórios e grupos sociais. Para o Cerrado, bioma no qual o Programa de Assentamento Dirigido do Distrito Federal (PAD/DF) está inserido, as projeções apontam para um aumento da temperatura média e da escassez hídrica, ampliando os períodos de seca. A predominância das dinâmicas agroindustriais no PAD/DF, tem forçado o deslocamento de agricultores familiares da região para áreas com maiores limitações biofísicas, o que acentua sua vulnerabilidade à seca, agravada por dificuldades históricas de acesso a crédito, políticas públicas, assistência técnica e infraestruturas básicas. Este estudo buscou analisar a vulnerabilidade ao perigo climático da seca de agricultores familiares no PAD/DF, através da operacionalização do arcabouço teórico do Quinto Relatório de Avaliação do Painel Intergovernamental sobre Mudanças Climáticas (AR5) (IPCC, 2014), por meio da avaliação da sensibilidade e da capacidade adaptativa. O índice de vulnerabilidade obtido foi baixo (0,27), influenciado por fatores como segurança alimentar, avaliação positiva das instituições de educação, alta taxa de alfabetização e boa percepção sobre os serviços de saúde. No entanto, o valor do índice não deve ser interpretado isoladamente, pois algumas fragilidades relevantes persistem nos agroecossistemas familiares (AFs) analisados, como graves restrições produtivas, econômicas e de acesso a políticas públicas. Portanto, esta pesquisa buscou contribuir para o aprofundamento do debate sobre a vulnerabilidade climática da agricultura familiar, trazendo esse segmento para o centro das discussões sobre crise climática. Além disso, a aplicação prática do marco teórico do AR5 permitiu o mapeamento de fragilidades e a identificação de potenciais de adaptação locais.

Palavras-chave: sensibilidade climática; capacidade adaptativa; agroecossistemas familiares; PAD/DF; AR5.

ABSTRACT

The impacts of the climate emergency, intensified by anthropogenic activities such as land use and land cover changes driven by industrial agriculture, unequally affect territories and social groups. In the Cerrado biome, where the Programa de Assentamento Dirigido do Distrito Federal (PAD/DF) is located, projections indicate rising average temperatures and increasing water scarcity, extending drought periods. The predominance of agro-industrial dynamics in the PAD/DF has forced the displacement of family farmers to areas with greater biophysical limitations, which intensifies their vulnerability to drought. This vulnerability is further exacerbated by historical difficulties in accessing credit, public policies, technical assistance, and basic infrastructure. This study aimed to analyze the vulnerability of PAD/DF family farmers to the climate hazard of drought, through the operationalization of the theoretical framework of the Fifth Assessment Report (AR5) (IPCC, 2014), based on the assessment of sensitivity and adaptive capacity. The resulting vulnerability index was low (0,27), influenced by factors such as food security, positive evaluations of educational institutions, high literacy rates, and favorable perceptions of health services. However, this index should not be interpreted in isolation, as significant structural fragilities persist within the analyzed family farming systems, such as severe productive, economic, and institutional constraints. Therefore, this research contributes to advancing the debate on climate vulnerability in family farming, placing this segment at the center of climate emergency discussions. Furthermore, the practical application of the AR5 framework enabled the mapping of vulnerabilities and the identification of local adaptive potentials.

Keywords: climate sensitivity; adaptive capacity; family agroecosystems; PAD/DF; AR5.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Fluxograma da estrutura de risco de desastres.....	22
Figura 2 - Arcabouço teórico do AR5.....	23
Figura 3 - Mapas temáticos - PAD/DF	29
Figura 4 - Mapa de Localização - PAD/DF.....	32
Figura 5 - Localização dos agroecossistemas familiares 1-5	34
Figura 6 - Localização dos agroecossistemas familiares 6-7	34
Figura 7 - Localização do agroecossistema familiar 8.....	34
Figura 8 - Localização dos agroecossistemas familiares 9-10	35
Figura 9 - Detalhamento dos componentes AR5, dimensões analíticas e indicadores.	40

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 - Indicadores de Vulnerabilidade (Sensibilidade e Capacidade Adaptativa).....	36
Quadro 2 - Escala quali-quantitativa – Sensibilidade.....	42
Quadro 3 - Escala quali-quantitativa – Capacidade Adaptativa.....	42
Quadro 4 - Metodologia de elaboração dos mapas temáticos do PAD/DF	46
Quadro 5 - Valores das dimensões de sensibilidade – AFs.....	104
Quadro 6 - Valores das dimensões de capacidade adaptativa – AFs.....	106

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Escalas categóricas: classificação do índice de vulnerabilidade	45
Tabela 2 - Valores atribuídos aos Indicadores - AF1.....	54
Tabela 3 - Índice de vulnerabilidade à seca – AF1	55
Tabela 4 - Valores atribuídos aos Indicadores - AF2.....	59
Tabela 5 - Índice de vulnerabilidade à seca - AF2.....	60
Tabela 6 - Valores atribuídos aos Indicadores - AF3.....	64
Tabela 7 - Índice de vulnerabilidade à seca – AF3	65
Tabela 8 - Valores atribuídos aos Indicadores - AF4.....	70
Tabela 9 - Índice de vulnerabilidade à seca - AF4.....	71
Tabela 10 - Valores atribuídos aos Indicadores – AF5.....	75
Tabela 11 - Índice de vulnerabilidade à seca - AF5.....	76
Tabela 12 - Valores atribuídos aos Indicadores – AF6.....	80
Tabela 13 - Índice de vulnerabilidade à seca - AF6.....	81
Tabela 14 - Valores atribuídos aos Indicadores – AF7.....	85
Tabela 15 - Índice de vulnerabilidade à seca – AF7	86
Tabela 16 - Valores atribuídos aos Indicadores – AF8.....	90
Tabela 17 - Índice de vulnerabilidade à seca – AF8.....	90
Tabela 18 - Valores atribuídos aos Indicadores – AF9.....	95
Tabela 19 - Índice de vulnerabilidade à seca – AF9.....	95
Tabela 20 - Valores atribuídos aos Indicadores – AF10.....	100
Tabela 21 - Índice de vulnerabilidade à seca – AF10.....	100

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

AF	Agrossistema familiar
ANA	Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico
APP	Área de Preservação Permanente
AR3	Terceiro Relatório de Avaliação do IPCC
AR5	Quinto Relatório de Avaliação do IPCC
AR6	Sexto Relatório de Avaliação do IPCC
COOPA-DF	Cooperativa Agropecuária da Região do Distrito Federal
DTA	Departamento de Terras e Agricultura
GEEs	Gases de efeito estufa
IPCC	Painel Intergovernamental sobre Mudanças Climáticas
Novacap	Companhia Urbanizadora da Nova Capital
PAD/DF	Programa de Assentamento Dirigido do Distrito Federal
Pronaf	Programa Nacional de Fortalecimento da Agricultura F
RCPs	Representative Concentration Pathways/Caminhos de Concentração Representativos
RIDE-DF	Região Integrada de Desenvolvimento do Distrito Federal e Entorno
RL	Reserva Legal
Seagri/DF	Secretaria de Estado da Agricultura, Abastecimento e Desenvolvimento Rural do Distrito Federal
UC	Unidade de Conservação

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	14
2 REFERENCIAL TEÓRICO	16
2.1 Crise climática e Agriculturas no Cerrado	16
2.2 Agricultura Familiar e os desafios frente à crise climática	18
2.3 Arcabouço teórico AR5 (IPCC, 2014): Conceitos para a análise de Vulnerabilidade	21
2.4 Programa de Assentamento Dirigido do Distrito Federal (PAD/DF): Histórico rural e desafios climáticos do DF	24
2.4.1 Caracterização ambiental e territorial do PAD/DF	28
3 METODOLOGIA	32
3.1 Escolha da área de estudo	32
3.2 Caracterização da amostra	33
3.3 Operacionalização do arcabouço teórico do IPCC AR5	35
3.3.1 Seleção e organização dos Indicadores de Vulnerabilidade	36
3.3.2 Coleta dos dados	41
3.3.3 Sistematização e análise dos dados	41
3.4 Elaboração dos mapas	46
4. RESULTADOS E DISCUSSÃO	48
4.1 Caracterização dos Agroecossistemas familiares	48
4.1.1 Assentamento Patrícia e Aparecida (AF1, AF2, AF3, AF4 e AF5)	48
4.1.2 Núcleo Rural Nova Betânia (AF6 e AF7)	49
4.1.3 Núcleo Rural Cavas de Baixo (AF8)	50
4.1.4 Acampamento no Assentamento Carlos Marighella (AF9 e AF10)	51
4.2 Índice de vulnerabilidade à seca	52
4.2.1 Agroecossistema Familiar 1 (AF1)	52
4.2.2 Agroecossistema Familiar 2 (AF2)	58
4.2.3 Agroecossistema familiar 3 (AF3)	63
4.2.4 Agroecossistema familiar 4 (AF4)	68
4.2.5 Agroecossistema Familiar 5 (AF5)	74
4.2.6 Agroecossistema familiar 6 (AF6)	79
4.2.7 Agroecossistema familiar 7 (AF7)	84
4.2.8 Agroecossistema familiar 8 (AF8)	89
4.2.9 Agroecossistema familiar 9 (AF9)	94

4.2.10 Agroecossistema familiar 10 (AF10).....	99
4.2 Análise consolidada da vulnerabilidade dos agroecossistemas familiares (AFs)	104
5 CONSIDERAÇÕES FINAIS	111
REFERÊNCIAS	114

1 INTRODUÇÃO

As concentrações de gases de efeito estufa (GEEs) na atmosfera terrestre têm aumentado significativamente devido a atividades antropogênicas, como o uso insustentável de energia, processos de industrialização, padrões de consumo e mudanças no uso e ocupação do solo. Esses fatores agravam a crise do clima, reforçando a ocorrência de extremos climáticos (alterações persistentes de padrões meteorológicos ou climáticos, com valores próximos aos seus limites extremos) e aumentando os riscos sociais e ecológicos em escala global, o que resulta em impactos negativos sobre a saúde dos ecossistemas e das populações humanas (IPCC, 2023). A agricultura, especialmente quando baseada no modelo industrial de produção, está entre as atividades humanas de maior impacto sobre os recursos naturais e sobre a modificação da superfície terrestre (IPCC, 2014; IPCC, 2022).

Com a forte presença da monocultura da soja, o Cerrado tornou-se o segundo bioma com maior emissão de CO₂ no Brasil (MCTI, 2021). Estudos apontam que a intensificação das atividades agroindustriais no bioma tem gerado diversos impactos: aumento da temperatura da superfície do solo, alterações nos padrões de precipitação, maiores níveis de evapotranspiração, aumento dos riscos de incêndios florestais, perda de biodiversidade e degradação das funções ecológicas e agrícolas (Marengo et al., 2022; Rodrigues et al., 2022; Althoff, Rodrigues e Silva, 2020). Esses efeitos recaem diretamente sobre populações que vivem e dependem diretamente da disponibilidade e qualidade dos recursos naturais para a produção de alimentos no bioma (Rekow, 2019; Marengo et al., 2022), como os agricultores familiares.

Ao mesmo tempo, observa-se uma concentração crescente de recursos e incentivos públicos voltados à agricultura industrial direcionada à exportação, por meio de crédito, subsídios e acesso facilitado a tecnologias. Em contrapartida, a agricultura familiar, responsável por uma parcela significativa da produção de alimentos no país, é marginalizada nos processos de formulação de políticas públicas, enfrentando dificuldades históricas de acesso a crédito, assistência técnica e inovação tecnológica (Sauer, Balestro e Schneider, 2017; Rekow, 2019). No Programa de Assentamento Dirigido do Distrito Federal (PAD/DF), área de estudo desta pesquisa, essa desigualdade é particularmente visível: ao longo do tempo, terras agricultáveis foram sendo concentradas por grupos empresariais produtores de soja, forçando o deslocamento de agricultores familiares para áreas urbanizadas ou regiões com características biofísicas mais limitadas (Pimentel, 2025).

Dessa forma, a agricultura familiar, por depender diretamente das condições climáticas e por contar com baixa capacidade financeira e técnica de resposta, tende a apresentar maiores

desafios diante da crise climática. Além da desigualdade fundiária, questões como acesso precário a políticas públicas, exclusão dos processos de modernização agrícola e dificuldades em manter a permanência no campo acentuam os riscos enfrentados por esse segmento. A maior vulnerabilidade dos sistemas familiares se relaciona com a ausência de reservas financeiras, o uso de tecnologias pouco adaptadas, a dependência de recursos naturais e a escassez de infraestrutura básica (Altafin, 2007; Awazi et al., 2020; Brown et al., 2018; Tinoco, 2006; Wanderley, 2003).

Portanto, é importante compreender a vulnerabilidade da agricultura familiar à seca no PAD/DF, reconhecendo-a não apenas como uma categoria de produção, mas como um grupo social inserido em um contexto histórico de exclusão estrutural. Nesse cenário, a avaliação da vulnerabilidade climática torna-se um instrumento estratégico para subsidiar políticas públicas e fortalecer estratégias de adaptação e permanência no campo.

Diante desse cenário, o presente estudo teve como objetivo principal analisar a vulnerabilidade ao perigo climático da seca dos agricultores familiares no PAD/DF. Como objetivos específicos, busca-se: a) Articular os conceitos de crise climática e agricultura familiar; b) Operacionalizar a análise de vulnerabilidade, com base no arcabouço teórico do Quinto Relatório de Avaliação do IPCC (AR5), a partir dos componentes de sensibilidade e capacidade adaptativa das famílias agricultoras, para a construção do índice de vulnerabilidade.

A relevância da presente pesquisa se justifica por sua contribuição teórica e metodológica ao debate sobre vulnerabilidade climática em territórios rurais, especialmente no Cerrado. Ao colocar no centro da análise sujeitos frequentemente marginalizados nas estratégias de adaptação climática (os agricultores familiares), a pesquisa busca contribuir para a construção de caminhos mais justos e contextualizados de enfrentamento da crise climática. Além disso, a aplicação prática do arcabouço teórico do AR5 permite avançar na construção de ferramentas de avaliação que dialoguem com as realidades locais e fortaleçam estratégias de permanência no campo em territórios vulnerabilizados.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 Crise climática e Agriculturas no Cerrado

Desde o Terceiro Relatório de Avaliação (AR3) do Painel Intergovernamental sobre Mudanças Climáticas (IPCC), publicado em 2001, já são destacados os riscos significativos que o aumento de 1,5 °C a 2,5 °C na temperatura média global traz para a biodiversidade, segurança alimentar, produtividade agrícola e saúde humana. No Quinto Relatório de Avaliação (AR5) de 2014 e no Sexto Relatório de Avaliação (AR6) de 2023, esses riscos são reafirmados com uma base científica ainda mais robusta. Ambos os relatórios indicam um aumento da temperatura da superfície terrestre, maior frequência de ondas de calor, derretimento do gelo oceânico e terrestre, elevação do nível do mar e a intensificação de eventos climáticos extremos, como secas prolongadas (IPCC, 2013; IPCC, 2014; IPCC; 2023).

Mudanças no uso e ocupação do solo, como a conversão de vegetações nativas em terras agrícolas é uma das principais causas da emissão acelerada de CO₂ para a atmosfera. A agricultura, especialmente o modelo agrícola industrializado, é classificada como uma das atividades humanas com maior potencial de impacto sobre os recursos naturais e a modificação da superfície terrestre (IPCC, 2014; IPCC, 2022). No Brasil, a industrialização da agricultura foi impulsionada pelos pacotes tecnológicos da Revolução Verde, que introduziu sementes modificadas, pesticidas, fertilizantes químicos e grandes maquinários (tratores, colheitadeiras, equipamentos de irrigação etc.) a partir das décadas de 1960 e 1970, promovendo mudanças significativas no uso e ocupação do solo (Moura, 2016; Nunes e Castro, 2021). Esse processo, conhecido como “Modernização Conservadora”, consolidou-se no Brasil durante a Ditadura Militar (1964 - 1985), reforçando a integração entre agricultura, indústria e o modelo agroexportador.

As transformações na agricultura brasileira mudaram não só o sentido da produção de alimentos, mas também a escala em que essa produção ocorre, acentuando os impactos da atividade agrícola sobre o clima e os recursos naturais (Moura, 2016; Nunes e Castro, 2021). Destaca-se principalmente a produção em modelo industrial da soja, milho, algodão e carne bovina. Entretanto, os feitos que conferem ao Brasil o título de uma das maiores potências agrícolas globais, são alcançados a um alto custo de degradação socioambiental e intensificação das alterações dos padrões climáticos.

A relação entre agricultura industrial e crise climática se dá de forma bidirecional: enquanto a agricultura contribui significativamente para o agravamento da crise climática, ela também é uma das atividades mais impactadas pelos efeitos dessas mudanças. A produtividade

agrícola pode sofrer redução devido ao aumento na duração e intensidade das ondas de calor, alterações na distribuição das precipitações e diminuição da disponibilidade hídrica. A chamada “seca agrícola” é caracterizada como a escassez de precipitação combinada com o excesso de evapotranspiração, afetando a produção agrícola ou a função geral do ecossistema, e aumentando o risco de insegurança alimentar e nutricional (IPCC, 2014; IPCC, 2023). A agricultura brasileira já sofre com os impactos das mudanças climáticas, que se manifestam por exemplo, na queda da produtividade de culturas essenciais, como mandioca, cacau, arroz e trigo (Fiorini *et al.*, 2024).

Importante ressaltar que os impactos da crise climática são distribuídos de maneiras diferentes para cada bioma. Para o Cerrado, bioma no qual a área de estudo deste trabalho - Programa de Assentamento Dirigido do Distrito Federal (PAD/DF) - está inserida, as projeções da crise climática apontam, um aumento da temperatura média e da escassez hídrica de maneira mais intensa do que nas outras regiões do país, ampliando o número de dias consecutivos de seca. Apesar da alta biodiversidade do Cerrado - segundo maior bioma do país, com uma das maiores biodiversidades do mundo, onde estão localizadas nascentes de três das maiores bacias hidrográficas da América do Sul - atividades ligadas ao desmatamento, como pastagens e plantações de soja ocupam cerca de 41% da área original do bioma, que tem apenas 8% da sua área nativa protegida (Aguilar *et al.*, 2016; Oliveira *et al.*, 2014; Rekow, 2019).

O Cerrado é o segundo bioma com maior emissão de CO₂ por mudanças de uso da terra (MCTI, 2021). A produção intensiva de soja, cultura agrícola predominante na região do PAD/DF, passou por uma expansão de aproximadamente 326% entre 2000 e 2017 no bioma (Filho e Costa, 2016; Polizel *et al.*, 2021), principalmente devido a demanda global por essa *commoditie* para produção de ração animal, óleo e biodiesel (Rekow, 2019). Além de contribuírem para a emissão de GEEs, as mudanças no uso da terra têm o potencial de alterar o clima de ecossistemas savânicos, como é o caso do Cerrado, reduzindo os níveis de precipitação e aumentando as temperaturas (Hoffmann e Jackson, 2000; Roquette, 2018).

Estudos como os de Silva *et al.* (2019), Marengo *et al.* (2022), Rodrigues *et al.* (2022) e Althoff, Rodrigues e Silva (2020), sugerem que os impactos das mudanças no uso e ocupação do solo no Cerrado são: o aumento da temperatura da superfície do solo e da evapotranspiração, maiores riscos de incêndios florestais e alterações nos padrões de precipitação e na disponibilidade de água, com consequente aumento na frequência de dias secos, além de graves perdas na diversidade de espécies, no funcionamento do ecossistema e na produção de alimentos. Nesse contexto, são acentuados os riscos sobre a socioeconomia e a segurança alimentar das populações que vivem e dependem diretamente dos recursos ambientais para a

produção de alimentos no bioma (Rekow, 2019; Marengo *et al.*, 2022), como os agricultores familiares que vivem no e do Cerrado.

A expansão da soja tem provocado conflitos por terra e água, prejudicando principalmente a agricultura familiar. Produtores empresariais, incentivados por políticas públicas de subsídio têm vantagens no controle da maior parte das terras e dos recursos, enquanto produtores de base familiar enfrentam desvantagens econômicas e ambientais (Rekow, 2019). A maior parte dos investimentos públicos destinados para a agricultura são voltados para o setor agrícola industrial e para a produção em larga escala de produtos para exportação. Esses investimentos consistem em linhas de crédito, seguros, garantias de preços mínimos e acesso a inovações tecnológicas. Por outro lado, agricultores familiares, que são responsáveis por grande parte da produção de alimentos de qualidade, são marginalizados nesses processos políticos, tendo acesso limitado à tecnologia, crédito e seguros (Rekow, 2019; Sauer, Balestro e Schneider, 2017).

Essa realidade é observada no PAD/DF, onde, ao longo do tempo, grande parte das terras agricultáveis foi se concentrando nas mãos de grupos de agricultores empresariais, com maior capacidade financeira. Há na região uma tendência de crescimento da categoria empresarial, acompanhada do deslocamento dos produtores familiares para manchas urbanas próximas ou para áreas a oeste do território. Esses fluxos representam, em muitos casos, o abandono das atividades produtivas agrícolas ou sua manutenção em propriedades com condições biofísicas mais limitadas, sobretudo no que diz respeito ao solo e ao relevo (Pimentel, 2025). Nessa conjuntura, a agricultura familiar, por depender do rendimento de cada ano e da sazonalidade de suas culturas, além de não dispor de capital de giro ou reservas financeiras, e ocuparem áreas mais expostas, tende a enfrentar maior vulnerabilidade aos riscos climáticos.

Assim, a intensificação das atividades agroindustriais no Cerrado brasileiro é um exemplo de como a agricultura agroexportadora agrava os efeitos da crise climática, degradando ecossistemas, ampliando desigualdades sociais, aumentando a insegurança alimentar e nutricional e marginalizando sistemas de produção de base familiar. A relação profunda e bidirecional entre agricultura e crise climática gera impactos ambientais e socioeconômicos que atingem, sobretudo, grupos sociais historicamente vulnerabilizados, como os agricultores familiares.

2.2 Agricultura Familiar e os desafios frente à crise climática

Os debates teóricos e políticos em torno do conceito de agricultura familiar afirmam as características não patronais e não latifundiárias desse setor, marcado por formas específicas de viver e produzir. No Brasil, o termo agricultura familiar é amplo e multifacetado, abrangendo diferentes situações e contextos, servindo como um “guarda-chuva” conceitual. Embora existam características comuns, como a posse dos meios de produção e o uso prioritário da força de trabalho familiar (Wanderley, 2003; Tinoco, 2006), é importante compreender as particularidades de cada realidade no nível local. Além das teorias que abordam características comuns, estratégias globais e princípios gerais da produção familiar, é crucial valorizar o conhecimento dos próprios agricultores e refletir sobre as suas especificidades em cada contexto (Wanderley, 2003; Altafin, 2007), especialmente em um cenário de crise climática.

Altafin (2007), discorre sobre a influência de povos indígenas, pessoas escravizadas vindas de África, pessoas de ascendência mista, e trabalhadores imigrantes na origem da agricultura familiar brasileira. Para a autora, esses grupos, apesar das suas diferentes constituições históricas, “estão ligados sob uma mesma unidade: a posição secundária que ocupavam dentro do modelo de desenvolvimento do país desde sua origem” (Altafin, 2007, p. 9), visto que as grandes propriedades produtoras de monoculturas e agroexportadoras recebem estímulos e apoios governamentais desde o início do processo de colonização do Brasil, enquanto as produções camponesas, voltadas para o abastecimento interno, são historicamente preteridas dentro das políticas públicas. Os traços coloniais de uma agricultura baseada na grande propriedade, nas extensas áreas de produção em monocultura e na precarização do trabalho, também estão presentes na estruturação da agricultura industrial brasileira (Wanderley, 1996; Wanderley, 2014).

Foi apenas em 1995 que houve a criação do Programa Nacional de Fortalecimento da Agricultura Familiar (Pronaf), a primeira política pública federal voltada unicamente para a agricultura familiar, que representou um marco importante, ao estabelecer critérios operacionais para a definição da categoria de agricultores familiares, na tentativa de caracterizar, de forma geral, um grupo diverso (Wanderley, 2003; MDA, 2024). Os que pretendem ser beneficiários dessa política devem se enquadrar nos seguintes requisitos: em relação a terra em que trabalham, serem proprietários, posseiros, arrendatários, parceiros ou concessionários de Reforma Agrária; residam na propriedade ou em área próxima; possuir até 4 módulos fiscais de terra, conforme a legislação vigente, ou até 6 módulos no caso de pecuaristas familiares; obter ao menos 80% da renda bruta familiar anual da exploração agropecuária ou de atividades não agropecuárias, porém, ligadas ao estabelecimento; empregar no máximo dois trabalhadores permanentes, sendo permitido o auxílio eventual de terceiros

(Wanderley, 2003; Tinoco, 2006; Altafin, 2007). Entretanto, o enquadramento produtivista do Pronaf e a permanência de critérios excludentes limitam seu alcance, especialmente para famílias em pluriatividade ou com baixa escala de produção (Carneiro, 2013).

Tanto no contexto acadêmico, quanto no arcabouço legal, a agricultura familiar deve ser compreendida como uma dinâmica específica de produção agrícola, mas também como uma expressão de identidade política. A forma contra hegemônica de compreender o meio rural e os modelos de produção coloca a agricultura familiar diante de diversas definições, frequentemente situadas em contextos de conflito, que orientam essa categoria na construção de estratégias dinâmicas de adaptação nas formas de produzir e viver (Albani, Cousin e Dickmann, 2022). Esse modelo de agricultura é fundamental para a garantia da segurança alimentar e nutricional, além de promover a integração social e econômica de inúmeras famílias brasileiras (Albani, Cousin e Dickmann, 2022; MDA, 2024).

Apesar da agricultura familiar permanecer às margens das políticas públicas, e mesmo diante de todo o histórico de dificuldades enfrentadas por esse segmento, a sua contribuição para a produção de alimentos saudáveis sob uma lógica sustentável, é significativa. A agricultura familiar garante a produção de itens essenciais na base da alimentação brasileira, como arroz, feijão, hortaliças e frutas, mesmo com acesso limitado à terra, recursos e serviços de assistência técnica (IBGE, 2017; MDA, 2024). Entre os anos de 2016-2017, período de coleta de dados do Censo Agropecuário de 2017, apenas cerca de 20% dos estabelecimentos agrícolas no Brasil receberam algum tipo de orientação técnica especializada. A maior parte dessa assistência foi direcionada para médios e grandes produtores, mesmo após a implementação da Lei nº 11.326/2006 que prevê orientação técnica gratuita para agricultores familiares (Oliveira, Wehrmann e Sauer, 2015).

A maior vulnerabilidade à crise climática enfrentada pela agricultura familiar é uma repercussão direta da marginalização histórica enfrentada por essa população. O setor enfrenta graves limitações de acesso a políticas públicas, serviços de assistência técnica, crédito, infraestrutura e tecnologias adaptadas. O deslocamento forçado para regiões com menor aptidão agrícola, somado à maior dependência direta de recursos naturais e baixa capacidade de investimento, podem ser fatores que ampliam os riscos enfrentados por esses agricultores frente aos extremos climáticos, especialmente à seca, no caso de agroecossistemas familiares cerratenses. Sua capacidade adaptativa diante da crise climática é fragilizada por um conjunto estrutural de injustiças históricas, que se expressam tanto na desigualdade de acesso à terra, quanto nas limitações econômicas, técnicas e institucionais para enfrentar riscos.

Em resumo, algumas das dificuldades históricas e atuais enfrentadas pela agricultura familiar podem ser listadas como a persistência de traços coloniais, concentração fundiária, exclusão nos pacotes de modernização e avanços tecnológicos, marginalização nas políticas públicas, limitação de recursos financeiros, acesso limitado a serviços de assistência técnica, falta de reconhecimento da produção de qualidade e falta de apoio adequado, dificuldades na disponibilidade de acesso a tecnologias adaptadas à realidade local, desvalorização dos saberes tradicionais, enquadramento excludente do Pronaf (métricas produtivistas, marginalizando aqueles que estão em pluriatividade) (Altafin, 2007; Awazi *et al.*, 2020; Brown *et al.*, 2018; Tinoco, 2006; Wanderley, 2003). Nesse sentido, em um contexto de crise climática, a agricultura de base familiar enfrenta desafios ainda maiores do que os enfrentados por produtores industriais.

A vulnerabilidade da agricultura familiar diante dos riscos das mudanças climáticas é ampliada pela maior dependência direta dos recursos naturais, acesso limitado a tecnologia e inovação, e limitada capacidade financeira e de investimento. Como dependem diretamente dos recursos naturais disponíveis, mudanças nos padrões ambientais afetam mais intensamente sua produção e renda, especialmente em regiões mais sensíveis. Apesar da agricultura industrial também enfrentar esses impactos, ela possui maior capacidade de investimento em infraestrutura, como sistemas de irrigação e insumos externos (Brown *et al.*, 2018; Awazi *et al.*, 2020).

Dessa forma, compreender a vulnerabilidade da agricultura familiar à seca no PAD/DF exige situá-la não apenas como uma categoria técnica de produção, mas como um grupo social estruturalmente excluído dos benefícios do desenvolvimento agrário. No próximo tópico, o arcabouço teórico do IPCC (2014) é explicado, enquanto referência adotada para operacionalizar essa análise por meio da avaliação da sensibilidade e da capacidade adaptativa frente ao perigo climático da seca.

2.3 Arcabouço teórico AR5 (IPCC, 2014): Conceitos para a análise de Vulnerabilidade

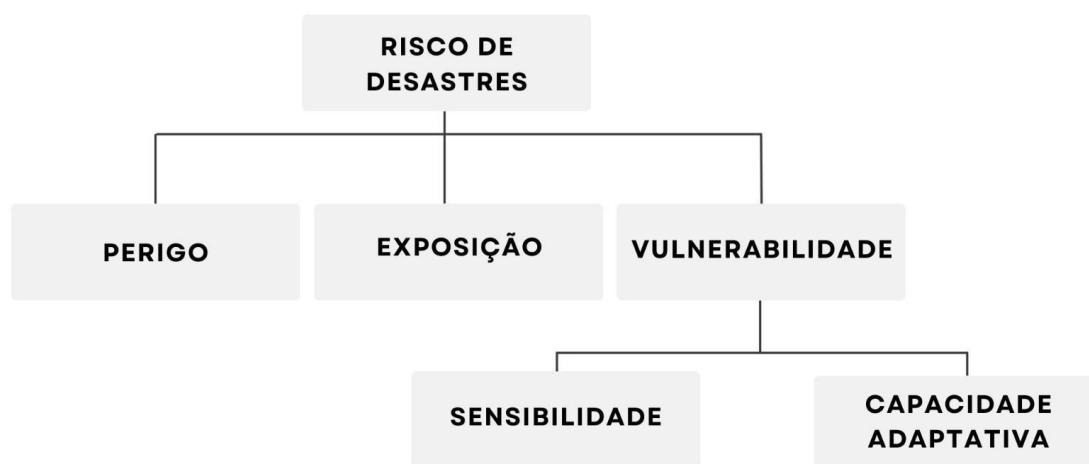
O Quinto Relatório de Avaliação (AR5) do Painel Intergovernamental sobre Mudanças Climáticas (IPCC) estabeleceu um novo arcabouço teórico para a análise de risco climático. Para o relatório, o risco é descrito como a probabilidade de ocorrência de eventos ou tendências perigosas, multiplicada por suas consequências/impactos sobre algo de valor atribuído, sendo: $\text{Risco} = (\text{Probabilidade de Eventos ou Tendências}) \times \text{Consequências}$ (IPCC, 2014). É resultado

da composição de todos os aspectos que envolvem um desastre climático, sendo estes o perigo, a exposição e a vulnerabilidade de um determinado sistema (Kim *et al.*, 2021).

No AR5 o perigo é um novo termo, definido como o potencial de ocorrência de um evento ou impacto físico relacionado ao clima, seja de origem natural ou antrópica, que resulte em prejuízos à saúde humana, às propriedades, infraestrutura, bem como aos meios de subsistência, ecossistemas e aos recursos naturais. A exposição é uma medida de análise geográfica, caracterizada como a existência de pessoas, espécies, modos de vida e de subsistência, ecossistemas, serviços e recursos ambientais, infraestrutura e ativos econômicos e socioculturais em locais de risco (IPCC, 2014).

A tendência ou predisposição de ser afetado adversamente pelos riscos das mudanças climáticas, é definida pela vulnerabilidade, a qual é medida pela interação entre sensibilidade e capacidade adaptativa de um sistema (IPCC, 2014; IPCC, 2023), como descrito no fluxograma da estrutura de risco de desastres (Figura 1).

Figura 1 - Fluxograma da estrutura de risco de desastres



Fonte: Adaptado de Kim *et al.* (2021).

Em um mecanismo de “causa-efeito”, a exposição é entendida como a causa, enquanto a sensibilidade opera como o efeito, ou seja, no contexto da vulnerabilidade, a sensibilidade refere-se ao grau de impacto causado pela exposição ao perigo. Este impacto pode ser reduzido através da capacidade adaptativa - capacidade de ajuste a danos potenciais, aproveitamento de oportunidades ou resposta às consequências - de forma que a vulnerabilidade resulta da subtração entre sensibilidade e capacidade adaptativa (IPCC, 2014; Sharma e Ravindranath, 2019). Enquanto as fraquezas de um sistema representam sua sensibilidade, suas forças são representadas pela sua capacidade adaptativa (Sharma e Ravindranath, 2019).

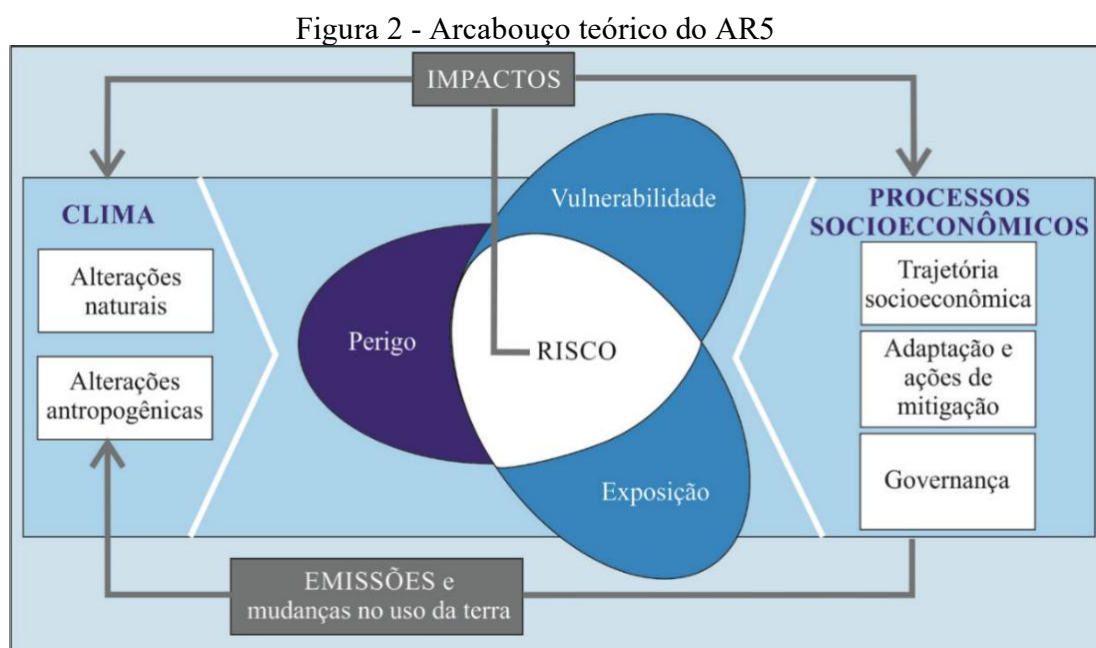
Nesse contexto, a combinação dos fatores de perigo, exposição e vulnerabilidade, tem como resultado o risco climático. Essa relação é expressa pela equação 1 (Kim *et al.*, 2021):

$$\text{Equação 1: } R = P \times E \times V$$

$$\text{Em que: } V = S - CA$$

Onde R (Risco), P (Perigo), E (Exposição), V (Vulnerabilidade), S (Sensibilidade) e CA (Capacidade Adaptativa).

Em um sistema formado por subsistemas humanos e ecológicos, como em contextos agrícolas, todos esses conceitos são considerados tanto nos aspectos biofísicos quanto nos aspectos sociais. Conforme esquematizado na Figura 2, os riscos climáticos não dependem apenas do evento climático em si, mas também das condições socioeconômicas das populações afetadas.



Fonte: Adaptado do IPCC (2014)

Diferentemente do AR4 (IPCC, 2007), a vulnerabilidade é apresentada no AR5 como independente da exposição e do perigo, levando em consideração que a sensibilidade e a capacidade adaptativa são inerentes ao sistema. O novo arcabouço teórico oferece uma abordagem de avaliação atualizada, considerando que a vulnerabilidade é a propriedade do sistema que pode ser tratada, através da redução da sensibilidade e do aumento da capacidade adaptativa, contribuindo para a minimização do risco, ou seja, atua sobre a Adaptação¹ de um

¹ Nos sistemas humanos e naturais a Adaptação é o processo de ajuste ao clima real ou esperado e os seus efeitos, com o objetivo de moderar os danos e/ou explorar oportunidades benéficas (IPCC, 2023).

sistema frente ao risco climático. Isso possibilita a inclusão das características climáticas, socioeconômicas, ambientais, infraestruturais, institucionais e políticas de um sistema, relacionadas ao conceito de risco de desastre, permitindo também a avaliação da correlação entre tais variáveis. Já a redução da exposição está ligada às ações de Mitigação² que não têm efeito a curto prazo (Kim *et al.* 2021; Sharma e Ravindranath, 2019). Dessa forma, os indicadores de exposição não são aplicados para a análise de vulnerabilidade.

Ao adotar o arcabouço teórico do AR5 (IPCC, 2014), a vulnerabilidade pode ser avaliada através das fraquezas atuais do sistema e da sua capacidade de lidar com os impactos adversos ao ser exposto a um perigo (Sharma e Ravindranath, 2019). Para Kim *et al.* (2021), a sensibilidade e a capacidade de um sistema se adaptar são fatores controláveis, enquanto o perigo e a exposição não são manipuláveis dentro de um prazo viável. Nesse sentido, o foco nos fatores que são passíveis de mudança é mais interessante para a formulação de políticas públicas e estratégias de adaptação climática.

2.4 Programa de Assentamento Dirigido do Distrito Federal (PAD/DF): Histórico rural e desafios climáticos do DF

Até o ano de 1955 a região do Distrito Federal (DF) era ocupada por 103 fazendas de criação extensiva de gado, em uma área de cerca de 5.814 km² de Cerrado. Nesse contexto, o planejamento territorial de Brasília, capital do país inaugurada em 1960, teve como uma das orientações a destinação de áreas rurais que serviriam para o abastecimento e proteção do plano piloto diante da expansão urbana, cumprindo o papel de “cinturão verde”. O planejamento previa que todas as terras não pertencentes ao perímetro do plano piloto e dos ministérios seriam desapropriadas e distribuídas para famílias de comprovada experiência agrícola, com concessões de 30 anos (Pébayle, 1971; Botelho, 2001).

A região seria dividida em núcleos rurais de dimensões variadas, de acordo com os seguintes padrões: os lotes de 4 hectares seriam alocados nas proximidades do plano piloto, sendo 20 designados para a produção de hortaliças; os lotes entre 20 e 50 hectares se localizariam na região intermediária, com o objetivo de produzir alimentos; e os lotes de 50 até 120 hectares estariam localizados nas áreas mais distantes, destinados à agricultura e pecuária. No entanto, apenas 58% das terras foram desapropriadas, tendo como resultado 1040 lotes e 14 núcleos rurais (Pébayle, 1971). Para Pébayle (1971)³ esse processo deu origem a dois tipos de

² Intervenções humanas para reduzir as emissões ou aumentar os sumidouros de GEEs (IPCC, 2023).

³ Segundo Pébayle (1971), deve-se refletir sobre o modo como foi pensado e planejado a intervenção governamental na criação da área rural de Brasília. Desconsiderar a dinamicidade da população rural foi um dos

propriedades rurais no DF, sendo as terras que foram desapropriadas e destinadas regularmente pelo governo, e aquelas que não passaram por desapropriação, e que, portanto, os antigos proprietários mantiveram os direitos sobre elas.

Nesse sentido, em ruptura com o projeto inicial de organização espacial de Brasília, essas regiões foram ocupadas por atividades urbanas e pela industrialização da agricultura (Botelho, 2001). Os espaços rurais do DF seguiram direções contrárias ao provimento e resguardo da metrópole, ainda que houvesse créditos, incentivos governamentais e sistema de arrendamento de terras pelo Estado. Botelho (2001), sugere que a especulação e a busca pela valorização da terra explicam essa situação, visto que a economia das atividades rurais precisou lidar com a inflação e a insuficiência do mercado de capitais, competindo com a lucratividade gerada pelo aumento no preço das terras. Além disso, o autor destaca que a concepção das áreas rurais como exclusivamente agrícolas é também uma falha no planejamento que não considerou outras matrizes de existência do meio rural.

Apesar da posse de mais da metade das terras do campo, o Estado não foi capaz de reverter essa situação. A ação do governo de incentivar a agricultura, promovendo o abastecimento da metrópole e protegendo-a contra a expansão urbana, ao longo do tempo, deu lugar ao estímulo de privatização das áreas rurais, como forma de resolver as problemáticas geradas pelo rápido crescimento de Brasília (Botelho, 2001). O contraste entre o planejado e o que de fato ocorreu – transbordamento urbano para o rural – é essencial para estudar as formas de organização espacial e o desenvolvimento agrícola do DF.

Em Resolução do Conselho Deliberativo da Companhia Urbanizadora da Nova Capital (NOVACAP), foi criado em 1957 o Departamento de Terras e Agricultura (DTA), para a elaboração do Plano de Produção e Abastecimento da nova capital, com o objetivo de definir as áreas de abastecimento do DF, através da demarcação de trinta mil hectares de terra (SEAGRI/DF, 2020). Entretanto, apenas em 1975 foram realizados os primeiros estudos para o planejamento e implementação de um projeto agropecuário para a cidade. Nesse mesmo ano o governo do DF, junto à Secretaria de Agricultura, reuniu-se com uma parcela de agricultores do Rio Grande do Sul, visando atrair para o DF produtores rurais com experiência em agricultura convencional. Como resultado, 20 famílias gaúchas migraram para a capital do país,

fatores que reforçou a dualidade entre o idealizado e o realizado. A espontaneidade da zona rural não foi prevista no planejamento, bem como o enorme fluxo populacional. Dessa forma, o habitante das áreas rurais foi descartável enquanto ator social nesse processo, evidenciando a contradição entre a elite do plano piloto e aqueles que o construíram.

tendo como incentivos governamentais a facilidade de acesso ao crédito rural, infraestrutura, fomento, pesquisa e assistência técnica e extensão rural (SEAGRI/DF, 2020).

O governo federal considerou de utilidade pública e interesse social a criação de um projeto que englobasse a capitalização e mecanização da agricultura do DF, além de obras de infraestrutura, como estradas e eletrificação para a região considerada favorável à produção agrícola. Assim, em 1977 foi implementado o Programa de Assentamento Dirigido do Distrito Federal (PAD/DF), localizado na porção Leste do DF, regiões administrativas Paranoá e São Sebastião, abrangendo uma área de 43.788 hectares, dividida entre produtores em áreas isoladas, núcleos rurais, colônias agrícolas e agrovilas, com produções de cereais, hortifrutigranjeiros, bovinocultura e avicultura, bem como uma área destinada à instalação de uma cooperativa formada em 1978, a Cooperativa Agropecuária da Região do Distrito Federal (COOPA-DF) (Ghesti, 2009).

O programa foi financiado pelo governo japonês, para incentivar a produção de grãos e teve como pilar o modelo de produção agrícola advindo da Revolução Verde. O governo distrital pretendia ocupar extensas áreas de Cerrado com agricultura industrializada, oferecendo terras para agricultores do Sul do Brasil. Com o objetivo de criar condições para a instalação de empresários na região, principalmente após a abertura da fronteira agrícola do Centro-Oeste, bem como visando a criação de áreas para investimentos e estabelecimento de agroindústrias, o PAD/DF foi direcionado pelo plano do Estado para capitalizar a agricultura do DF e servir como “vitrine” de produção agrícola e polo rural desenvolvimentista (Botelho, 2001; Amaral, 2013; SEAGRI, 2020).

O que difere o PAD/DF de outros programas de assentamento rural e reforma agrária é a maneira como foi dada a sua formação. De acordo com o histórico relatado pela COOPA-DF (2009), os produtores precisavam passar por uma seleção, através da qual eram considerados aptos, ou não, a ocupar a área. O processo seletivo foi feito pela análise governamental para que os agricultores fossem considerados qualificados, técnica e financeiramente, a fazerem parte do programa, sendo exigido que tivessem tradição na atividade agrícola, qualidade empresarial e dedicação em tempo integral. Os produtores rurais que não possuíam experiência com o modelo agrícola convencional e não tinham bens e capital necessários para a métrica estabelecida pelo PAD/DF, não eram selecionados, visto que o produtor deveria participar com riscos e recursos próprios, atraindo então, “agricultores empresariais” (Ghesti, 2009; Amaral, 2013).

Considerando o contexto histórico rural do DF e da formação do PAD/DF, atualmente, a região se destaca como um polo agrícola de grande relevância econômica para o estado, com

a maior parte de sua ocupação destinada à agricultura industrial, majoritariamente produtora de soja. Entretanto, a região também é ocupada por agricultores familiares, ainda que em menores porções de terra. Nesse sentido, é fundamental mapear as condições de vida e de produção dessas famílias, que estão cercadas pelos impactos ambientais e sociais da agricultura empresarial, principalmente em um cenário de crise climática e riscos de seca prolongada na região.

Um estudo sobre as projeções de mudanças climáticas para a Região Integrada de Desenvolvimento do Distrito Federal e Entorno (RIDE-DF), que abrange 33 municípios e o DF, identificou tendências preocupantes. Entre 1960 e 2010, a umidade relativa do ar inferior a 30% aumentou de 24 para 50 dias por ano, enquanto as temperaturas mínimas mais altas – noites quentes – registraram um aumento de 2,3°C. Para o período entre 2011-2040, em um cenário de mitigação RCP⁴ 4.5, no qual as emissões de gases de efeito estufa são controladas, há um aumento moderado de temperatura para a maior parte da RIDE-DF, porém, com alguns pontos atingindo até +3°C. Em RCP 8.5, um cenário no qual as emissões continuam sem controle, o aumento de temperatura é muito mais acentuado, com o limiar superior chegando a +3,5°C em algumas áreas. Em todos os cenários, projeta-se que a RIDE-DF passará por um aumento significativo de temperatura nas próximas décadas (SEMA/DF, 2021).

Além disso, a precipitação média anual também deve sofrer redução. No cenário RCP 4.5, a diminuição varia entre -50 mm e -200 mm, enquanto no RCP 8.5 a queda pode atingir -700 mm em algumas áreas. As projeções indicam que todas as regiões da RIDE-DF tendem a sofrer uma redução expressiva na precipitação anual até. No que se refere à umidade relativa, as projeções para o final do século, são de redução, sem diferença expressiva entre os cenários RCP4.5 e RCP8.5, reduzindo de 35% a 55% no período histórico para 20% a 45% no final do século. A combinação do aumento da temperatura com a redução na precipitação média anual e na umidade relativa (maior quantidade de dias com baixa umidade e maior frequência de dias consecutivos de seca) poderá comprometer a disponibilidade hídrica no DF e seu entorno, afetando diretamente a agricultura, os ecossistemas e setores estratégicos como energia, mobilidade e saúde (SEMA/DF, 2021).

O PAD/DF é considerado uma das principais porções agrícolas do DF, destinada à produção de grãos, cereais, hortifrutigranjeiros, bovinocultura e avicultura. Campos *et al.* (2011), analisaram o uso e ocupação das terras do PAD/DF, verificando a predominância do uso agrícola na região, distribuída em pastagens e culturas de ciclos anuais como os da soja,

⁴ Os RCPs (Representative Concentration Pathways) são modelos que simulam mudanças climáticas com base em um conjunto de cenários de forçantes antrópicas (IPCC, 2013).

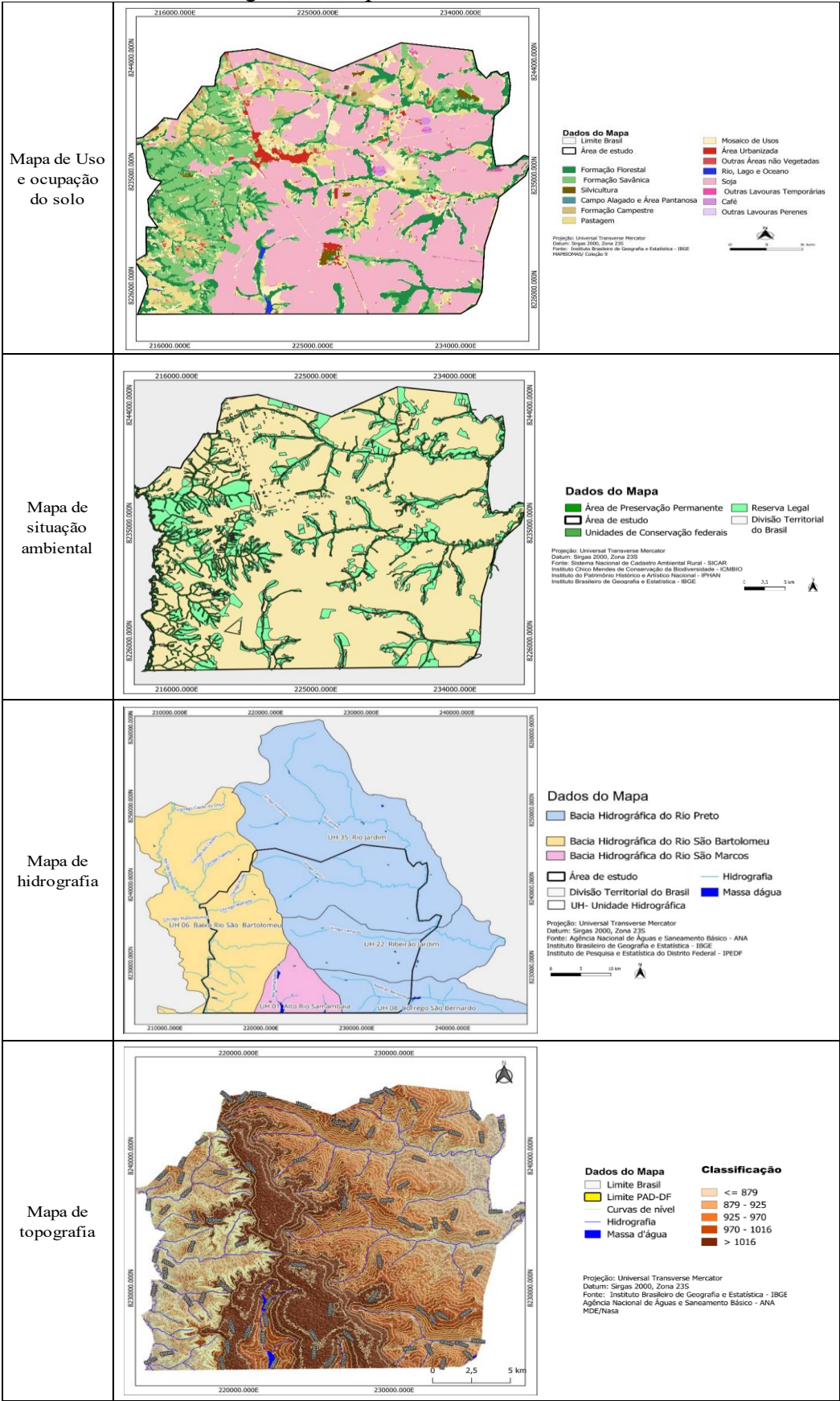
milho e feijão. Os autores identificaram a concentração das áreas nativas do Cerrado (Cerrado/campo e mata ciliar) em menor proporção, localizadas principalmente nas proximidades aos cursos d'água e na porção oeste do núcleo rural. Através do mapa de aptidão agrícola elaborado no estudo, foi possível concluir que as classes predominantes foram as de uso agrícola inadequado (26%) e de uso agrícola abaixo do potencial (29%), ou seja, o cultivo em solos pouco favoráveis. Santos (2011), aponta para o risco agroclimático da região ao analisar cenários futuros de aumento da temperatura média e da evapotranspiração, indicando potencial alteração na hidrologia local, bem como a elevação do déficit hídrico. Tais alterações podem comprometer o desenvolvimento das culturas agrícolas na região.

Diante desse cenário, torna-se essencial analisar como os impactos das mudanças climáticas afetam os agricultores familiares localizados no PAD/DF, os quais já enfrentam desafios estruturais em seu modo de vida e produção. Assim, compreender os componentes de sensibilidade e de capacidade adaptativa dessas famílias é fundamental para identificar alguns dos fatores que ampliam sua vulnerabilidade frente ao perigo climático da seca.

2.4.1 Caracterização ambiental e territorial do PAD/DF

A caracterização ambiental e territorial do PAD/DF é importante para compreender algumas das especificidades locais, e, para isso, foram elaborados mapas temáticos que descrevem o uso e ocupação do solo, a situação ambiental (Áreas de Preservação Permanente – APPs e Reservas Legais – RLs), a hidrografia e a topografia da região, apresentados a seguir (Figura 3).

Figura 3 - Mapas temáticos - PAD/DF



Fonte: Elaboração própria (2024).

A análise integrada dos mapas de uso e ocupação do solo, situação ambiental, hidrografia e topografia do território do PAD/DF evidencia um cenário de crescente pressão antrópica sobre o ambiente, o que pode intensificar os efeitos dos riscos climáticos, sobretudo entre as populações mais vulnerabilizadas. Os agricultores familiares entrevistados neste estudo, estão localizados na região Oeste do PAD/DF. Essa porção do território se destaca pela presença de formações naturais preservadas, com remanescentes de vegetação nativa em áreas de relevo acidentado, onde se concentram também Áreas de Preservação Permanente (APPs) e Reservas Legais (RLs), conforme definido pelo Código Florestal (Brasil, 2012). Nas áreas de menor declividade, o mapa de uso do solo revela o avanço da agricultura mecanizada de larga escala, com destaque para a monocultura de soja, que domina extensas áreas da porção central e leste do PAD/DF. O cultivo intensivo de soja em monocultura gera prejuízos ecológicos e sociais, associados à contaminação de recursos hídricos, desmatamento, degradação do solo, perda de biodiversidade, de serviços ecossistêmicos e de grandes parcelas de Cerrado, alterações nos padrões de chuva, aumento do calor extremo, crises de saúde pública devido a contaminação por agrotóxicos, e exclusão social e econômica das comunidades locais (Aragão *et al.*, 2022; Rausch *et al.*, 2019; Rekow, 2019).

Essa transformação da paisagem afeta diretamente a qualidade e disponibilidade dos recursos hídricos, especialmente ao se cruzar os dados de uso e ocupação da terra com os das bacias hidrográficas do Rio Preto, Rio São Bartolomeu e Rio São Marcos. A bacia do Rio Preto, que cobre boa parte da porção leste da área de estudo, concentra grande número de outorgas de captação de água superficial para irrigação, o que contribui para a redução do volume hídrico nos períodos de estiagem, que têm sido cada vez mais frequentes e prolongados no Cerrado. Relatos de produtores rurais inseridos na bacia evidenciam perdas de produção causadas não apenas pela redução das chuvas, mas também pelo aumento das áreas agrícolas industriais produtoras de soja em larga escala, ocupação desordenada do solo, descumprimento da legislação ambiental e gestão precária dos aspectos sociais e ecológicos (Machado, 2009; Marengo *et al.*, 2022; Mesquita, Lindoso e Rodrigues-Filho, 2018; Rekow, 2019). A bacia do São Bartolomeu, por sua vez, sofre com intensa conversão de áreas nativas para uso agropecuário. No período de vinte anos (1991-2011) a bacia teve uma área de 813,6 km² de cobertura nativa de Cerrado convertida em atividades antrópicas. Atualmente, há a predominância de ocupação por atividades agropecuárias, com culturas anuais e pastagem, e reduzida presença de vegetação nativa (Ferreira e Lacerda, 2009; Neves *et al.*, 2015). Já na bacia do Rio São Marcos, a ocupação do solo é caracterizada pelo predomínio de atividades agrícolas e pecuárias, sendo a lavoura e a pastagem, os principais usos da terra. Além disso, a

região apresenta um conflito entre irrigantes e setor hidrelétrico, e problemas com vazões que ultrapassam os limites pactuados no Marco Regulatório estabelecido pela Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico (ANA), intensificando o embate pelo uso da água (Guimarães, Landau e Reis, 2013; Soares, 2019).

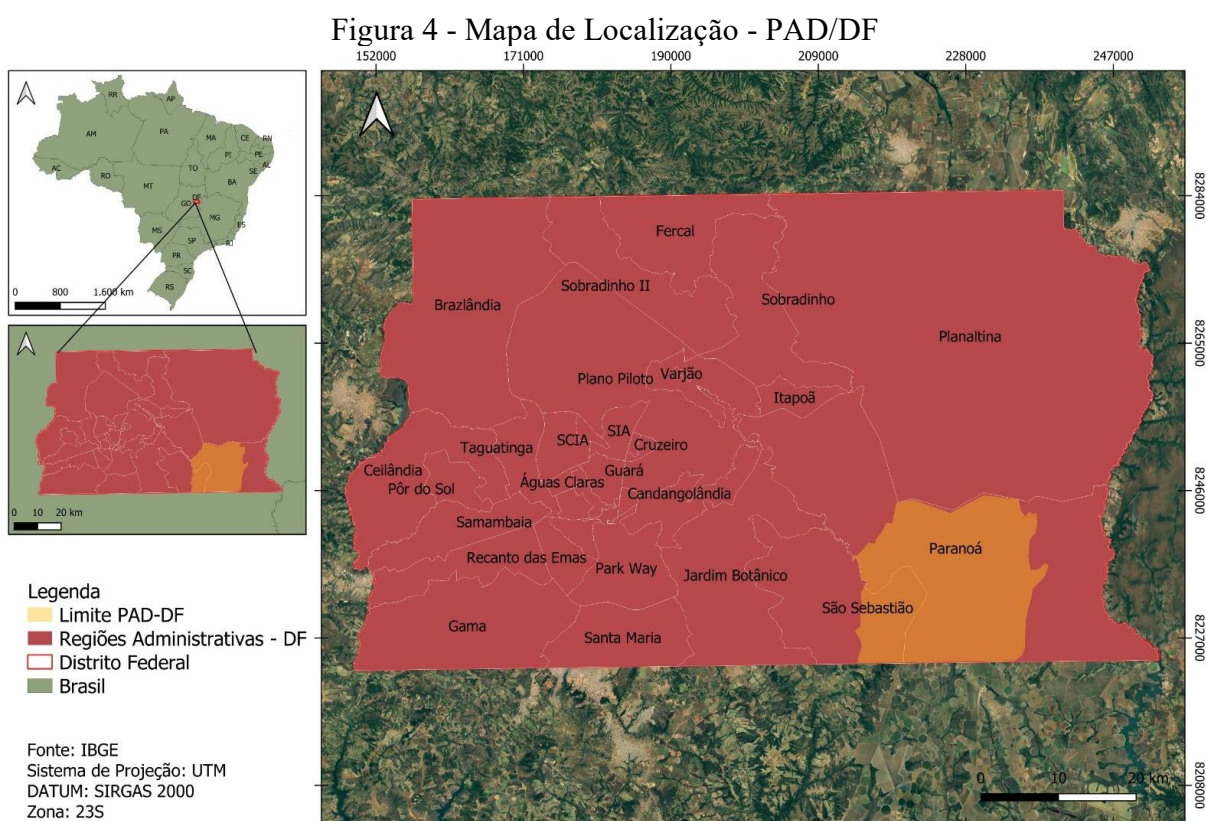
Além disso, o PAD/DF está inserido em duas Unidades de Conservação (UCs) federais de uso sustentável: a APA do Planalto Central e a APA da Bacia do Rio São Bartolomeu. Ambas desempenham papel estratégico na conservação do Cerrado e na proteção dos aquíferos e nascentes que abastecem importantes bacias hidrográficas nacionais (ISA, 2025). No entanto, essas UCs sofrem com a pressão da expansão agrícola, da especulação fundiária e da grilagem de terras (Neves, 2016). Portanto, ao integrar os dados espaciais da região (uso e ocupação do solo, situação ambiental, hidrografia e topografia) é possível evidenciar que a vulnerabilidade climática à seca no PAD/DF pode ser influenciada não apenas por uma questão ambiental ou climática, mas também se associa aos padrões de ocupação e uso do território. A expansão do agronegócio sobre áreas nativas e as limitações dos instrumentos de conservação ambiental aprofundam desigualdades e podem contribuir para a ampliação da vulnerabilidade de agricultoras e agricultores familiares aos impactos das emergências climáticas.

3 METODOLOGIA

Esta é uma pesquisa exploratória e quali-quantitativa, desenvolvida com base na realização de entrevistas para a aplicação do questionário semiestruturado com sete famílias agricultoras do PAD/DF e três famílias de núcleos rurais adjacentes com vínculos diretos com o território, com o objetivo de analisar a vulnerabilidade ao perigo da seca entre os agricultores familiares. A pesquisa foi aprovada pelo Comitê de Ética em Pesquisa em Ciências Humanas e Sociais da Universidade de Brasília (CEP/CHS/UnB), sob o Protocolo nº 83911524.2.0000.5540, atendendo as diretrizes éticas para estudos com seres humanos.

3.1 Escolha da área de estudo

O Programa de Assentamento Dirigido do Distrito Federal (PAD/DF), está localizado na porção Leste do DF, nas regiões administrativas Paranoá e São Sebastião (Figura 4), abrangendo uma área de 43.788 hectares, com o seu centro situado nas coordenadas geográficas 15,93864° S e 47,60655° W.



Fonte: Elaboração própria (2024).

Entre os anos de 2010 e 2020, o território passou por um processo de expansão, tornando-se um importante ponto de convergência do agronegócio, inclusive de produtores de

municípios vizinhos. A partir de 2020, teve início a implantação de um polo agroindustrial, considerado atualmente a política pública de maior expressão no PAD/DF (SEAGRI-DF, 2020). Ainda assim, há uma quantidade reduzida de estudos voltados especificamente à região, quando comparada a outras áreas rurais do DF, o que torna relevante o desenvolvimento de estudos voltados a compreender as dinâmicas e as realidades socioprodutivas e ambientais locais (Pimentel, 2025).

O PAD/DF se destaca como um polo agrícola de grande relevância econômica para o DF, com a maior parte da sua ocupação destinada à agricultura industrial, majoritariamente produtora de soja. Ao longo do tempo a região passou por intensas mudanças no uso e ocupação do solo, em que a cobertura vegetal nativa foi substituída por atividades agrícolas intensivas, modificando as características ambientais e interferindo no equilíbrio ecológico da região, em um contexto em que são projetados cenários de grande potencial de déficit hídrico e aumento nas taxas de evapotranspiração e da temperatura média local (Santos, 2011; Amaral, 2013). Entretanto, a região também é ocupada por agricultores familiares, sendo fundamental analisar como os impactos das mudanças climáticas afetam as famílias produtoras que estão cercadas pela agricultura industrial. Para isso, é necessário compreender as condições de vida desses agricultores, os desafios ambientais, sociais e econômicos que enfrentam, se os impactos da seca são sentidos por eles e como estes interferem em suas produções. Nesse sentido, analisar a sensibilidade e a capacidade adaptativa dessas famílias é fundamental para o desenvolvimento de estratégias que garantam a resiliência desse setor frente a intensificação da crise climática.

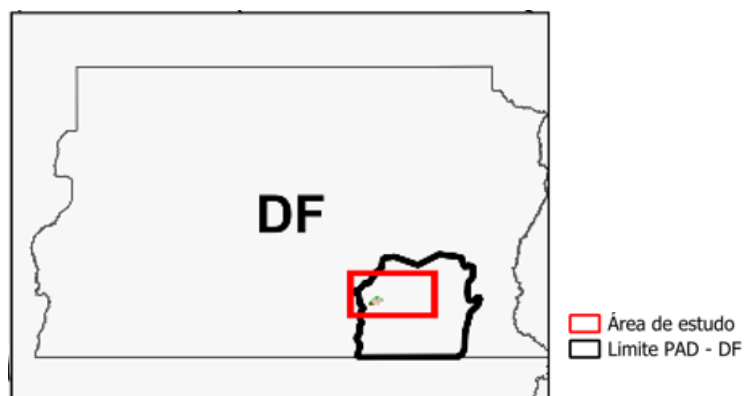
3.2 Caracterização da amostra

Após levantamentos bibliográficos, que incluem a caracterização da agricultura familiar foi definida a categoria de agricultores que seriam entrevistados, sob a perspectiva de análise de agroecossistemas familiares⁵. A amostra da pesquisa é composta por dez famílias agricultoras, sendo sete residentes no território do PAD/DF e três em núcleos rurais adjacentes com vínculos diretos com a área, seja pelas semelhanças de práticas produtivas ou uso de infraestrutura comum vinculadas ao PAD/DF. A seleção dos participantes ocorreu de forma intencional e em campo, por meio da busca direta pelas famílias durante as visitas à região, o que possibilitou o contato inicial com algumas delas e, em seguida, a indicação de novos sujeitos pelos próprios agricultores, especialmente no Assentamento Patrícia e Aparecida, onde

⁵ Os agroecossistemas oferecem uma base de análise para sistemas de produção de alimentos de forma integrada, considerando tanto a complexidade dos insumos e dos processos produtivos, quanto as inter-relações entre os diversos elementos que o constituem (Gliessman, 2005).

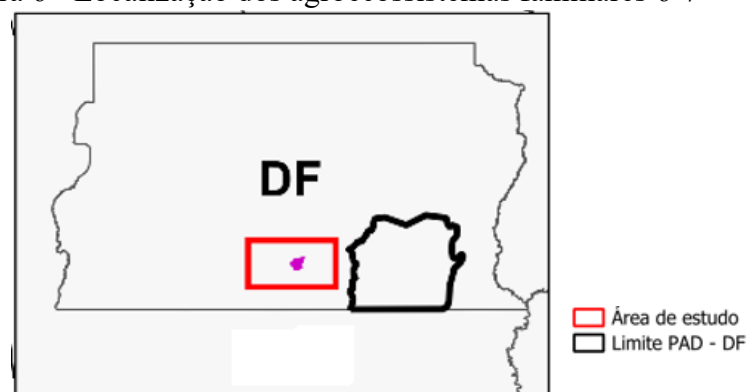
o vínculo comunitário favoreceu o processo de aproximação. As localizações dos agroecossistemas familiares analisados estão apresentadas a seguir (Figuras 5, 6, 7 e 8).

Figura 5 - Localização dos agroecossistemas familiares 1-5



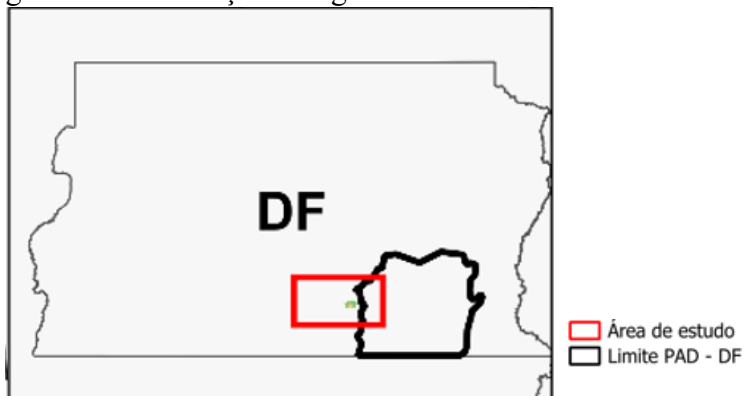
Fonte: Elaboração própria (2024).

Figura 6 - Localização dos agroecossistemas familiares 6-7



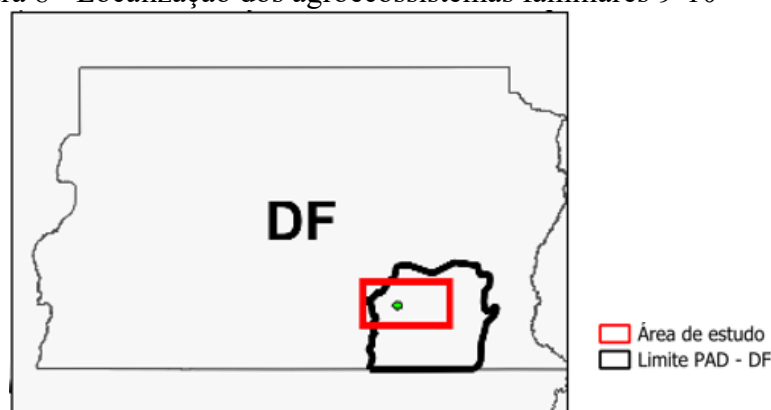
Fonte: Elaboração própria (2024).

Figura 7 - Localização do agroecossistema familiar 8



Fonte: Elaboração própria (2024).

Figura 8 - Localização dos agroecossistemas familiares 9-10



Fonte: Elaboração própria (2024).

Foram considerados como critérios de inclusão: residir ou atuar no território do PAD/DF ou em sua área de influência direta e exercer atividades agrícolas em regime familiar. A amostra buscou contemplar diferentes perfis produtivos e trajetórias de vida, de modo a permitir uma análise mais situada e aprofundada sobre os componentes da vulnerabilidade climática, com ênfase na sensibilidade e na capacidade adaptativa das famílias agricultoras.

3.3 Operacionalização do arcabouço teórico do IPCC AR5

O arcabouço teórico da avaliação de risco do AR5 (IPCC, 2014) foi escolhido como marco analítico para analisar a vulnerabilidade dos agricultores familiares ao perigo da seca no PAD/DF e núcleos rurais adjacentes. Ressalta-se que não será realizada a análise de risco, o que implicaria o detalhamento dos fatores de perigo, exposição e vulnerabilidade (a lembrar: Equação 1: $R = P \times E \times V$). O presente estudo tem como recorte a avaliação da vulnerabilidade, entendendo a sua importância enquanto a propriedade do sistema que pode ser tratada, através da redução da sensibilidade e do aumento da capacidade adaptativa, contribuindo para a minimização do risco, ou seja, é o fator ligado às medidas de adaptação de um sistema (Sharma e Ravindranath, 2019).

A avaliação da vulnerabilidade pode ser operacionalizada empregando indicadores proxy⁶ e parâmetros mensuráveis de sensibilidade e de capacidade adaptativa. Essa avaliação deve levar em conta o perigo climático específico de uma região, selecionando indicadores que sejam relevantes para esse perigo (Sharma e Ravindranath, 2019). A seca foi selecionada como perigo potencial, por ser um dos extremos climáticos que mais afeta o Cerrado, bioma no qual

⁶ Proxies são variáveis mensuráveis que possibilitam a compreensão sobre fenômenos que não podem ser diretamente medidos ou observados, mas que, devido à sua ligação conceitual, podem ser analisados (Ebert, Kerle e Stein, 2008).

o PAD/DF está inserido, com projeções de aumento da temperatura média, escassez hídrica e aumento dos dias consecutivos de seca (Aguiar *et al.*, 2016; Oliveira *et al.*, 2014). Essas projeções corroboram com a realidade climática do DF, onde são registradas elevação da temperatura média, mudanças no regime de chuvas e maior frequência de extremos climáticos, como longos períodos de seca (SEMA/DF, 2021), sendo uma região sensível quanto a segurança hídrica, devido às limitações na disponibilidade de água, crescente demanda por recursos hídricos e períodos de estiagens prolongados (Capodeferro *et al.*, 2018). A seguir, são apresentados os caminhos metodológicos adotados para a aplicação do arcabouço teórico proposto pelo AR5.

3.3.1 Seleção e organização dos Indicadores de Vulnerabilidade

Apesar da vulnerabilidade no AR5 do IPCC (2014) ser caracterizada como independente da exposição e do perigo, ela ainda deve ser avaliada no contexto de um perigo previsto, através da seleção de indicadores "relevantes para o perigo", ao considerar a sensibilidade e a capacidade adaptativa de um sistema (Sharma e Ravindranath, 2019). Para Sharma e Ravindranath (2019), o novo paradigma do AR5 pode ser utilizado para compreender e avaliar a vulnerabilidade por oferecer uma abordagem robusta com foco na redução da vulnerabilidade e, portanto, do risco potencial. Nesse sentido, através do uso de indicadores específicos para o perigo, voltados para os componentes de sensibilidade e de capacidade adaptativa, é possível estimar a vulnerabilidade de um sistema.

Os indicadores relevantes, bem como as suas divisões entre os componentes de sensibilidade e capacidade adaptativa, foram definidos através da revisão da literatura científica disponível, considerando estudos que utilizaram o arcabouço teórico do IPCC AR5 (Das, 2020; Kim *et al.*, 2021; Sharma e Ravindranath, 2019). Foram selecionados aqueles mais adequados à ameaça da seca e à realidade do PAD/DF. O Quadro 1 detalha os 21 indicadores selecionados, bem como as justificativas para a seleção de cada um.

Quadro 1 - Indicadores de Vulnerabilidade (Sensibilidade e Capacidade Adaptativa)

Componentes de Vulnerabilidade AR5 (IPCC, 2014)	Indicadores	Justificativas de seleção	Fundamentação teórica
Sensibilidade	Nº de idosos e crianças	Idosos e crianças enfrentam dificuldades, devido às limitações de mobilidade e maior dependência de cuidado. Idosos são considerados aqueles com 60 anos ou mais e crianças são consideradas de 0 a 12 anos. A sensibilidade aumenta conforme a proporção de pessoas nessas faixas etárias, devido à maior necessidade de cuidados e menor autonomia em situações de risco.	Cutter, Boruff e Shirley, 2003; Das <i>et al.</i> , 2020.

	Acesso a alimentos de qualidade e em quantidade suficiente	A insegurança alimentar aumenta a sensibilidade diante de perigos/eventos climáticos extremos. A nutrição inadequada enfraquece o sistema imunológico, deixando as pessoas mais sensíveis a doenças; além de estar associada a baixa renda e ausência de reservas financeiras.	Das <i>et al.</i> , 2020; Nguyen, 2015.
	Diversidade de renda	Trabalhadores rurais tendem a ser mais sensíveis a riscos climáticos, devido a maior dependência de economias baseadas na extração de recursos naturais (por exemplo, agricultura, pesca etc.); Atividades produtivas que dependem intensamente de condições climáticas; quanto maior a dependência da receita da família em atividades agropecuárias maior a sensibilidade a eventos climáticos extremos.	Cutter, Boruff e Shirley, 2003.
	Histórico de impactos da seca agrícola	É importante compreender o histórico de impactos da seca agrícola na região para analisar a sensibilidade às situações em que a água do solo necessária para o desenvolvimento das culturas é limitada, resultando em impactos agrícolas, como danos às plantações, redução do crescimento e da produção. Quanto maiores os impactos causados pela seca agrícola, maior é a sensibilidade local a seca.	Kim <i>et al.</i> , 2021.
	Uso e ocupação do solo	Sistemas de monoculturas, áreas desmatadas ou usos intensivos do solo tendem a ser mais sensíveis aos impactos climáticos, pois têm menor cobertura protetiva do solo. Já áreas com cobertura vegetal mais diversificada tendem a amortecer os impactos da seca, reduzindo a sensibilidade.	Altieri, 2004; FAO, 2015.
Capacidade Adaptativa	Taxa de participação no trabalho agrícola	A participação no trabalho agrícola está relacionada à capacidade adaptativa, pois, quanto maior o número de pessoas envolvidas em um sistema agrícola, mais rapidamente esse ambiente se recupera diante de impactos climáticos.	Das <i>et al.</i> , 2020.
	Taxa de alfabetização (com idade igual ou maior que 7 anos)	Quanto maior o nível de alfabetização de uma população, maior sua capacidade de adaptação, pois a alfabetização amplia o acesso à informação, fortalece a compreensão de riscos e facilita a tomada de decisões estratégicas diante de adversidades.	Brenkert e Malone, 2005; Das <i>et al.</i> , 2020; Sharma e Ravindranath, 2019.
	Posse da terra	O acesso permanente à terra reduz a sensibilidade, por facilitar o acesso a créditos, investimentos em infraestrutura e permanência produtiva.	Das <i>et al.</i> , 2020.
	Bens domésticos	A posse (ou não) de bens domésticos pode ser usada como um indicador de capacidade adaptativa, pois auxilia no entendimento acerca da realidade econômica familiar, além desses ativos fornecerem uma base de recursos que pode ser mobilizada para ações de recuperação e investimentos em adaptação.	Das <i>et al.</i> , 2020; Vicent, 2007.
	Renda mensal	O perfil econômico é um aspecto importante para analisar a capacidade adaptativa local. O capital econômico amplia o potencial de recuperação após períodos de seca, ao reduzir seus impactos, contribuindo para a adoção de medidas adaptativas. A renda se apresenta como um indicador de acesso aos recursos.	Das <i>et al.</i> , 2020; Sharma e Ravindranath, 2019; Unger <i>et al.</i> , 2011.

Canais de comercialização/ acesso a mercados	Participação em feiras, comercialização direta de produtos etc.	Sharma e Ravindranath, 2019.
Participação associativa	A participação em associações e cooperativas de agricultores, sindicatos, e conselhos de desenvolvimento rural sustentável, que promovem a articulação política e a defesa de interesses do setor, amplia a capacidade adaptativa ao facilitar o acesso a créditos, programas e outros benefícios.	Sharma e Ravindranath, 2019.
Fundo de gestão de desastres	O fundo de gestão de desastres pode ser um indicador de capacidade adaptativa de um sistema, pois representa um recurso financeiro garantido pelos governos locais que permite ações de resposta e recuperação frente a condições de extremos climáticos, aumentando a resiliência do sistema aos impactos.	Kim <i>et al.</i> , 2021.
Acesso a esgotamento sanitário	O acesso a saneamento, água potável, eletricidade, internet e infraestruturas, como estradas, instituições de saúde e educação de qualidade, é crucial para a capacidade do sistema de responder e se adaptar em condições de extremos climáticos.	Cannon, Twigg e Rowell, 2003; Das <i>et al.</i> , 2020.
Acesso a água potável segura	O acesso a saneamento, água potável, eletricidade, internet e infraestruturas, como estradas, instituições de saúde e educação de qualidade, é crucial para a capacidade do sistema de responder e se adaptar em condições de extremos climáticos.	Cannon, Twigg e Rowell, 2003; Das <i>et al.</i> , 2020.
Acesso à energia elétrica e internet	O acesso a saneamento, água potável, eletricidade, internet e infraestruturas, como estradas, instituições de saúde e educação de qualidade, é crucial para a capacidade do sistema de responder e se adaptar em condições de extremos climáticos.	Cannon, Twigg e Rowell, 2003; Das <i>et al.</i> , 2020.
Diversidade de cultivos	A maior diversidade de culturas torna os sistemas agrícolas robustos e mais resilientes a impactos e desequilíbrios no sistema. Sistemas mais biodiversos têm maior capacidade de adaptação e regeneração.	Sharma e Ravindranath, 2019.
Disponibilidade de seguros, investimentos e programas que protegem a produção agrícola	O acesso a seguros de proteção agrícola, recursos investidos pelo governo ou por outras instituições, como linhas de crédito, financiamentos ou programas específicos, aumenta a capacidade adaptativa de um sistema, pois reduz a vulnerabilidade econômica, permite a continuidade da produção, viabiliza investimentos em adaptação, fortalece a autonomia e a estabilidade e amplia o acesso a conhecimento técnico e redes de apoio.	Sharma e Ravindranath, 2019.

Acesso a insumos e instrumentos de produção agrícola (Instalações de irrigação; acesso a fertilizantes e corretivos orgânicos para o solo)	A disponibilidade de irrigação torna os sistemas agrícolas mais fortes, dando maior capacidade de responder e superar impactos adversos. A falta de irrigação é um indicador relevante para avaliar a vulnerabilidade à seca de comunidades agrícolas; O uso de fertilizantes e outros corretivos para o solo, pode fortalecer a capacidade adaptativa à variabilidade climática, restaurando os nutrientes do solo e potencializando a produtividade das culturas. Entretanto, o presente estudo considerou que o uso de insumos orgânicos é mais capaz de fortalecer a capacidade adaptativa, já que não provocam os efeitos adversos dos fertilizantes químicos que podem aumentar a vulnerabilidade local.	Das <i>et al.</i> , 2020; Sharma e Ravindranath, 2019.
Estratégias locais para a redução de impactos na produtividade em secas prolongadas	Analisar a existência (ou ausência) de medidas de resposta à seca é um indicador importante para avaliar a capacidade adaptativa de comunidades agrícolas diante do risco de secas, pois essas medidas proporcionam maior segurança aos agricultores durante períodos prolongados de escassez hídrica. Além disso, examinar o histórico de reações dos agricultores em períodos de seca é fundamental para compreender sua resiliência e as estratégias adotadas.	Das <i>et al.</i> , 2020; Sharma e Ravindranath, 2019.
Presença de áreas nativas e protegidas	A manutenção dessas áreas reguladas por lei contribui para a regulação hídrica, conservação do solo, proteção da biodiversidade e serviços ecossistêmicos. São ativos ecológicos que fortalecem a capacidade do sistema de se regenerar e suportar pressões; a presença de vegetação nativa auxilia na regulação do microclima, conservação da umidade do solo, proteção da biodiversidade e resistência aos distúrbios climáticos. Portanto, aumenta a capacidade do sistema de se ajustar.	Mancal <i>et al.</i> , 2016; Sharma e Ravindranath, 2019.

Fonte: Elaboração própria (2025).

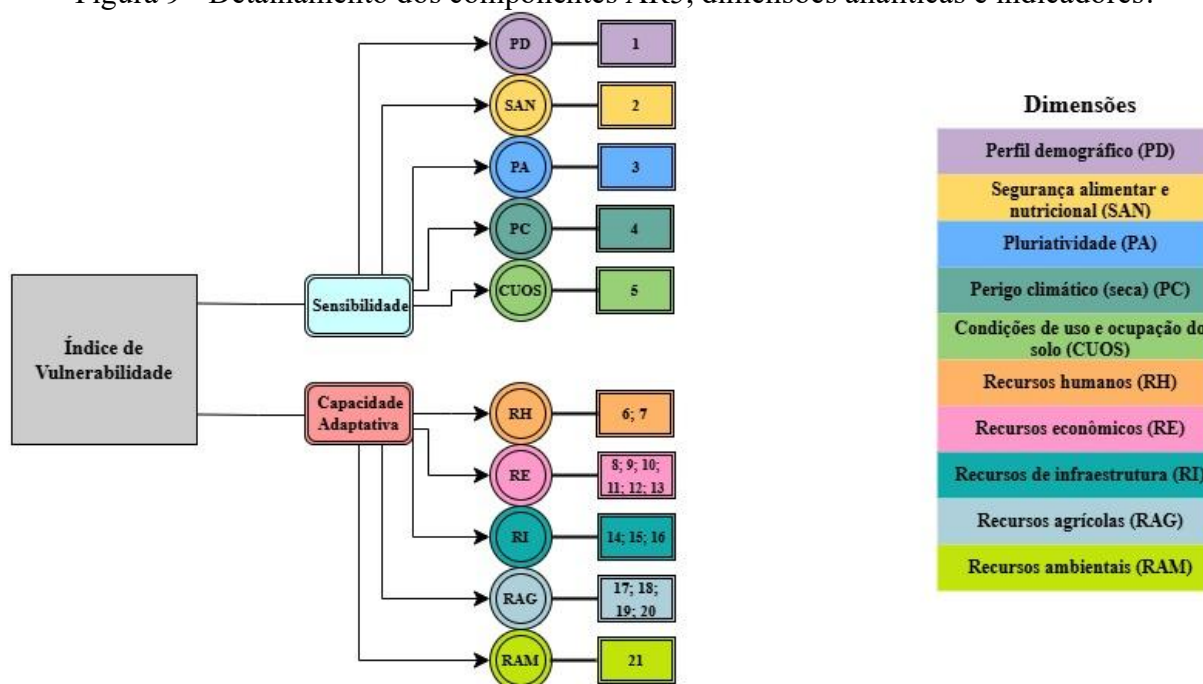
Considerando os fatores socioeconômicos e ambientais que compõem a vulnerabilidade das famílias, e reconhecendo que as vulnerabilidades sociais e biofísicas integram o conceito de vulnerabilidade geral (Cutter, Boruff e Shirley, 2003), os indicadores dos componentes de vulnerabilidade foram organizados em dimensões analíticas. Essa organização teve como objetivo estruturar e equilibrar a análise entre os dois componentes da vulnerabilidade (sensibilidade e capacidade adaptativa), uma vez que cada um possui um número distinto de indicadores.

A ausência dessa organização em dimensões inviabilizaria a comparação direta e a operacionalização do cálculo da vulnerabilidade, que neste estudo é representada pela subtração entre a sensibilidade e a capacidade adaptativa ($V = S - CA$) (IPCC, 2014; Sharma e Ravindranath, 2019). Ao definir cinco dimensões para cada componente, considerados sub-índices, torna-se possível agrupar indicadores de natureza semelhante e realizar médias

aritméticas dentro de cada grupo, assegurando equivalência entre os componentes. Dessa forma, são garantidas a proporcionalidade na análise e a validade estatística dos resultados.

Para a sensibilidade, ou seja, o grau de impacto que um sistema pode sofrer frente ao perigo, as dimensões estabelecidas foram: I) Sensibilidade: a) Perfil demográfico; b) Segurança alimentar e nutricional; c) Pluriatividade; d) Perigo climático (seca); e) Condições de uso e ocupação do solo. Já a capacidade adaptativa, compreendida como a capacidade de ajuste a danos potenciais, aproveitamento de oportunidades ou resposta às consequências, pode também ser considerada como a disponibilidade e a capacidade de alocação de um conjunto de recursos capazes de garantir a qualidade de vida da população local, diante dos impactos dos extremos climáticos, como no caso de secas prolongadas (IPCC, 2014; Mancal *et al.*, 2016). Assim, as dimensões foram aqui representadas em termos de recursos, quais sejam: f) Recursos humanos; g) Recursos econômicos; h) Recursos de Infraestrutura; i) Recursos agrícolas; e j) Recursos ambientais. Para melhor visualização, a organização dos componentes do AR5, das dimensões analíticas e dos respectivos indicadores é apresentada no fluxograma abaixo (Figura 9).

Figura 9 - Detalhamento dos componentes AR5, dimensões analíticas e indicadores.



Fonte: Elaboração própria (2025).

Legenda: Indicadores: I) Sensibilidade: 1 - Número de idosos e crianças; 2 - Acesso regular e permanente a alimentos de qualidade e em quantidade suficiente⁷; 3 - Diversidade de renda; 4

⁷O conceito de Segurança Alimentar e Nutricional utilizado nesse trabalho, está baseado no Art. 3º da Lei nº 11.346/2006 (cria o Sistema Nacional de Segurança Alimentar e Nutricional – SISAN), segundo o qual "a segurança alimentar e nutricional consiste na realização do direito de todos ao acesso regular e permanente a alimentos de qualidade, em quantidade suficiente, sem comprometer o acesso a outras necessidades essenciais, tendo como base práticas alimentares promotoras de saúde que respeitem a diversidade cultural e que sejam ambiental, cultural, econômica e socialmente sustentáveis."

- Histórico de impactos da seca agrícola; 5 - Uso e ocupação do solo; II) Capacidade Adaptativa: 6 - Taxa de participação no trabalho agrícola; 7 - Taxa de alfabetização (com idade igual ou maior que 7 anos); 8 - Posse da terra; 9 - Bens domésticos; 10 - Renda mensal; 11 - Canais de comercialização/ acesso a mercados; 12 - Participação associativa; 13 - Fundo de gestão de desastres; 14 - Acesso a esgotamento sanitário; 15 - Acesso a água potável segura; 16 - Acesso à energia elétrica e internet; 17 - Diversidade de cultivos; 18 - Disponibilidade de seguros, investimentos e programas que protegem a produção agrícola; 19 - Acesso a insumos e instrumentos de produção agrícola (Instalações de irrigação; acesso a fertilizantes e corretivos orgânicos para o solo); 20 - Estratégias locais para a redução de impactos na produtividade em secas prolongadas; 21 - Presença de áreas nativas e protegidas.

3.3.2 Coleta dos dados

O questionário (Apêndice A) foi construído com base nos indicadores de vulnerabilidade ao perigo da seca, para a realização de entrevistas semiestruturadas com 10 famílias agricultoras, com o objetivo de compreender como o extremo climático da seca afeta as atividades agrícolas no PAD/DF e como o público alvo é impactado e responde a esses impactos.

As entrevistas semiestruturadas, elaboradas a partir da adaptação dos indicadores relevantes às realidades locais, foram realizadas em campo no PAD/DF e Núcleos Rurais Cavas de Baixo e Nova Betânia, nos dias 25/10/2024, 28/10/2024, 08/11/2024 e 03/12/2024. A coleta de dados consistiu na aplicação do questionário, através de entrevistas com um representante de cada família. Com as famílias 1, 5 e 8 também foi realizada caminhada transversal ao longo das propriedades, permitindo a observação das atividades produtivas desenvolvidas, a gestão dos recursos, o histórico de uso do solo e as dinâmicas de trabalho (Miccolis *et al.*, 2016). As outras famílias não tiveram disponibilidade de tempo para a realização da caminhada, permitindo apenas a aplicação do questionário. A análise do indicador de uso e ocupação do solo foi feita através dos mapas temáticos desenvolvidos no software Qgis 3.34.3, além dos dados primários coletados em campo.

3.3.3 Sistematização e análise dos dados

Para se alcançar o resultado da análise de vulnerabilidade à seca no PAD/DF, após a realização das entrevistas, os indicadores de sensibilidade e de capacidade adaptativa passaram pelas seguintes etapas para o cálculo do índice de vulnerabilidade:

3.3.3.1 Padronização dos Indicadores (Normalização)

A primeira etapa consistiu na transformação dos dados qualitativos dos indicadores em valores numéricos padronizados, com o objetivo de permitir sua comparação e posterior agregação. Para isso, foi adotada uma escala de normalização quali-quantitativa de 0 a 1, onde:

0 representa o nível mais baixo de sensibilidade e de capacidade adaptativa; 0,5 representa um nível moderado; e 1 representa o nível mais alto de sensibilidade e de capacidade adaptativa.

Essa conversão foi baseada em critérios qualitativos previamente definidos para cada indicador, conforme as tabelas de escalas utilizadas na pesquisa (Quadro 2 e 3). A normalização permite que indicadores de naturezas distintas possam ser comparados de maneira coerente.

Quadro 2 - Escala quali-quantitativa – Sensibilidade

Sensibilidade				
Dimensão	Indicador	Baixa (0)	Moderada (0,5)	Alta (1)
Perfil demográfico	Nº de idosos e crianças	Até 33% dos membros da família são idosos e/ou crianças.	Entre 34% e 66% dos membros da família são idosos e/ou crianças.	Mais de 66% dos membros da família são idosos e/ou crianças.
Segurança alimentar	Acesso a alimentos de qualidade e em quantidade suficiente	Acesso regular e permanente a alimentos de qualidade nutricional e em quantidade suficiente.	Acesso com limitações sazonais ou pontuais na qualidade e/ou quantidade de alimentos.	Acesso escasso e irregular a alimentos, com frequência de consumo insuficiente e baixa qualidade nutricional.
Pluriatividade	Diversidade de renda	A família possui 3 ou mais fontes distintas de renda, além da renda agrícola.	A família possui 2 fontes de renda, além da renda agrícola.	A família possui 1 fonte de renda, além da renda agrícola ou apenas a renda agrícola.
Perigo climático (seca)	Histórico de impactos da seca agrícola	A seca não causou impactos relevantes na produção agrícola.	A seca causou impactos moderados na produção agrícola, afetando parte das culturas.	A seca causou impactos severos na produção agrícola, comprometendo a maioria ou todas as culturas.
Condições de uso e ocupação do solo	Uso e ocupação do solo	A família está localizada em áreas predominantemente conservadas, com presença de vegetação nativa contínua e preservada (ex: formações florestais ou savânicas).	A família está localizada em áreas com uso misto ou em mosaico, que combinam agricultura, pastagem, áreas campestres ou savânicas com fragmentos de vegetação nativa. Há cobertura vegetal parcial e alternância de uso do solo.	A família localizada em áreas com uso intensivo e/ou elevado grau de degradação ambiental, como monoculturas ou áreas urbanizadas, com fragmentação da vegetação nativa.

Fonte: Elaboração própria (2025).

Quadro 3 - Escala quali-quantitativa – Capacidade Adaptativa

Capacidade Adaptativa				
Dimensões	Indicadores	Baixa (0)	Moderada (0,50)	Alta (1)

Recursos humanos	Taxa de participação no trabalho agrícola	Até 33% dos membros aptos da família participam da produção.	Entre 34% e 66% dos membros aptos da família participam da produção.	Mais de 66% dos membros aptos da família participam da produção.
	Taxa de alfabetização (com idade igual ou maior que 7 anos)	Até 33% dos membros da família são alfabetizados.	Entre 34% e 66% dos membros da família são alfabetizados.	Mais de 66% dos membros da família são alfabetizados.
Recursos econômicos	Posse da terra	Possui vínculo territorial totalmente informal, sem qualquer documento ou reconhecimento legal da ocupação.	Possui vínculo territorial precário ou instável, com documentos de intenção ou de cadastro, mas sem validade jurídica oficial ou garantia mínima de permanência.	Possui vínculo territorial plenamente formalizado, com título de propriedade definitivo ou Contrato de Concessão de Uso (CCU) devidamente registrado por órgão oficial competente.
	Bens domésticos	Não possui bens domésticos básicos (fogão, geladeira, utensílios) – situação de extrema escassez.	Possui alguns bens domésticos essenciais em estado funcional, mas ainda com limitações quanto à variedade e modernização.	Possui ampla variedade de bens domésticos e eletrodomésticos, incluindo itens tecnológicos e de conforto, em bom estado.
	Renda mensal	Até 2 salários mínimos.	Entre 2 e 4 salários mínimos.	Acima de 4 salários mínimos.
	Canais de comercialização/ acesso a mercados	No momento não comercializa sua produção.	Venda frequente em feiras locais ou porta a porta.	Venda por canais diversos, incluindo contratos e comércio regular.
	Participação associativa	Não participa de nenhuma associação ou cooperativa.	Participa regularmente de associação e/ ou cooperativa.	Participa ativamente e ocupa cargo de liderança, promovendo articulações políticas/setoriais.
	Fundo de gestão de desastres	Não conhece e/ou não tem acesso a fundos de gestão de desastres.	Já teve acesso a algum fundo, mas de forma irregular e sem continuidade.	Acesso contínuo a diferentes tipos de fundos e integração com políticas locais de prevenção e resposta.
Recursos de infraestrutura	Acesso a esgotamento sanitário	A família não possui nenhum tipo de sistema de saneamento.	A família possui algum tipo de sistema de saneamento, como fossa séptica.	A família possui acesso a sistema formal de coleta e tratamento de esgoto.
	Acesso a água potável segura	A família consome água de fontes naturais (rios, poços, cisternas) sem qualquer tipo de tratamento ou proteção.	A família consome água de poço com algum tipo de tratamento ou de cisterna com controle básico de qualidade.	A família possui acesso a sistema formal de água potável.
	Acesso à energia elétrica e internet	Sem energia elétrica e/ ou internet/ ou possui, porém com qualidade muito ruim.	Energia regular, internet limitada ou por dados móveis.	Energia e internet de boa qualidade, com estabilidade e velocidade adequadas.
Recursos agrícolas	Diversidade de cultivos	A família cultiva apenas uma cultura agrícola (monocultura)/ até 3 culturas, sem considerável diversidade ou rotação de culturas.	A família cultiva 4 culturas diferentes.	A família cultiva mais de 4 culturas, com ampla diversidade (hortaliças, frutíferas, leguminosas, raízes, medicinais etc.).

	Disponibilidade de seguros, investimentos e programas que protegem a produção agrícola	A família não tem acesso a nenhum tipo de seguro agrícola, linha de crédito, financiamento ou programa público ou privado de apoio à produção.	A família já acessou algum recurso pontual (ex: PRONAF; PAA), mas não é contínuo ou suficiente para dar suporte adequado à produção.	A família acessa múltiplos instrumentos de apoio (seguros, créditos, programas públicos e privados) de forma contínua.
	Acesso a insumos e instrumentos de produção agrícola (Instalações de irrigação; acesso a fertilizantes e corretivos orgânicos para o solo)	A família não possui nenhum tipo de sistema de irrigação e não utiliza fertilizantes ou corretivos para o solo/ menos da metade é irrigada e acesso limitado a fertilizantes orgânicos.	A família possui pelo menos metade da área irrigada/ o uso de insumos é majoritariamente químico, com pouca ou nenhuma prática orgânica.	A família possui sistema de irrigação plenamente funcional e uso exclusivo de insumos orgânicos, promovendo resiliência ambiental, conservação da saúde do solo e menor impacto à saúde humana.
	Estratégias locais para a redução de impactos na produtividade em secas prolongadas	A família não adota nenhuma estratégia de enfrentamento à seca.	A família adota estratégias emergenciais baseadas em experiências anteriores, mas sem planejamento contínuo.	A família adota estratégias contínuas, planejadas e estruturadas de enfrentamento à seca, com apoio técnico e/ou institucional.
Recursos ambientais	Presença de áreas nativas e protegidas	Até 33% da área total é composta por vegetação nativa ou protegida.	Entre 34% e 66% da área total é composta por vegetação nativa ou protegida.	Mais de 66% da área total é composta por vegetação nativa ou protegida.

Fonte: Elaboração própria (2025).

3.3.3.2 Ponderação

A etapa de ponderação refere-se à atribuição de pesos aos indicadores, de modo a refletir sua importância relativa dentro de cada dimensão e no índice final (Mancal *et al.*, 2016). No entanto, neste trabalho todos os indicadores foram considerados com pesos iguais, seguindo uma abordagem de igual importância relativa de cada indicador. Assim, não foi atribuída nenhuma ponderação diferenciada entre os indicadores, evitando subjetividades e simplificando a operacionalização dos cálculos.

3.3.3.3 Agregação dos Indicadores e cálculo do índice de vulnerabilidade

A etapa de agregação consistiu no cálculo das médias dos indicadores e dimensões, conforme os seguintes passos:

- 1) Cálculo da média por dimensão: Cada dimensão é composta por um determinado número de indicadores. O valor médio da dimensão é calculado pela média aritmética simples dos indicadores que a compõe, conforme fórmula a seguir:

$$D = \frac{\sum_{i=1}^n I_i}{n}$$

Onde: D = valor médio da dimensão; I_i = valor atribuído a cada indicador que compõe a dimensão; n = número total de indicadores na dimensão.

- 2) Cálculo dos componentes (Sensibilidade e Capacidade Adaptativa): Com o cálculo da média das cinco dimensões avaliadas para sensibilidade e capacidade adaptativa, o valor de cada componente é obtido pela média aritmética simples das suas respectivas dimensões:

$$\text{Componente} = \frac{\sum_{j=1}^5 \text{Dimensão}_j}{5}$$

- 3) Cálculo do Índice de Vulnerabilidade (IV): A partir dos valores dos componentes, obtidos pelas médias das dimensões, o Índice de Vulnerabilidade é calculado através da fórmula:

$$\text{Vulnerabilidade} = \text{Sensibilidade} - \text{Capacidade Adaptativa}$$

Essa fórmula segue o princípio de que a vulnerabilidade aumenta com a sensibilidade e diminui com a capacidade adaptativa. O resultado do índice varia entre 0 e 1.

- 4) Interpretação - Classificação em Escalas Categóricas: Para fins interpretativos, o índice de vulnerabilidade foi classificado em três categorias, conforme os intervalos (Tabela 3):

Tabela 1 - Escalas categóricas: classificação do índice de vulnerabilidade

Média final	Classificação
0,00 – 0,33	Baixa
0,34 – 0,66	Moderada
0,67 – 1,00	Alta

Fonte: Elaboração própria (2025).

A adoção de uma escala quali-quantitativa para a classificação do índice de vulnerabilidade tem como objetivo ampliar a interpretação dos resultados, permitindo a distinção entre os diferentes níveis de vulnerabilidade observados.

Nos casos em que a sensibilidade observada foi inferior à capacidade adaptativa, resultando em valores negativos do índice de vulnerabilidade, adotou-se o critério de definição inferior do índice, fixando o valor mínimo em zero, a fim de garantir coerência interpretativa e respeitar o intervalo [0, 1]. Dessa forma, os valores negativos foram considerados como 0, entendendo-se que, quando a capacidade adaptativa de um sistema é superior à sua sensibilidade, ele não é considerado vulnerável no contexto analisado.

3.4 Elaboração dos mapas

O Quadro 4 a seguir detalha os processos de elaboração dos mapas temáticos do PAD/DF, através do software de Sistema de Informação Geográfica (SIG) Qgis 3.34.3.

Quadro 4 - Metodologia de elaboração dos mapas temáticos do PAD/DF

Mapas temáticos PAD/DF	Desenvolvimento	Fontes
Mapa de Localização	1 - Georreferenciamento da imagem das Unidades Locais da EMATER-DF, com base no shapefile (shp) do DF, utilizando a ferramenta "Georreferenciador" do Qgis; 2 - Delineação do limite do PAD/DF com base na imagem georreferenciada da EMATER-DF; 3 - Criação da camada shapefile do PAD/DF, com base em Campos <i>et al.</i> , 2011.	EMATER - DF; IBGE, 2022.
Mapa de uso e ocupação do solo do PAD/DF	1 - Download das malhas territoriais na base de dados do IBGE; 2 - Uso do Google Earth Engine para obter os dados de uso e ocupação do solo; 3 - Utilização da coleção 9 do Mapbiomas, sendo a mais recente de 2023; 4 - Processamento dos dados no Qgis para elaboração do mapa.	IBGE, 2022; Mapbiomas, 2023.
Mapa de Situação Ambiental	1- Obtenção das áreas de APP e RL na base de dados do Sicar; 2 - Obtenção das UCs na base de dados do ICMBIO; 3 - Download das malhas territoriais na base de dados do IBGE; 4 - Processamento dos dados no Qgis para elaboração do mapa.	IBGE, 2022; SICAR; ICMbio; IPHAN.
Mapa de Hidrografia	1 - Obtenção das áreas de drenagem e bacias hidrográficas no banco de dados do ANA; 2 – Obtenção dos dados sobre as unidades hidrográficas da região do PAD/DF no Instituto de Pesquisa e Estatística do DF (IPEDF); 3 - Download das malhas territoriais na base de dados	ANA; IPEDF; IBGE, 2022.

	do IBGE; 4 - Processamento dos dados no Qgis para elaboração do mapa.	
Mapa de Topografia	1 – Utilização do Modelo Digital de Elevação (MDE) da Nasa, disponível nos complementos do Qgis; 2 – Processamento da imagem de satélite; 3 – Adição das curvas de nível na camada raster e classificação da simbologia.	IBGE, 2022; ANA; MDE/Nasa.

Fonte: Elaboração própria (2025).

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 Caracterização dos Agroecossistemas familiares

4.1.1 Assentamento Patrícia e Aparecida (AF1, AF2, AF3, AF4 e AF5)

Os cinco primeiros agroecossistemas familiares entrevistados (AF1, AF2, AF3, AF4 e AF5) estão localizados no Assentamento Patrícia e Aparecida, que fica à beira da BR-251, no PAD/DF. A condição de assentamento da área foi conquistada em 2018, mas o processo de regularização continua de maneira que o domínio legal é cedido por meio do Contrato de Concessão de Uso (CCU), emitido pela Secretaria de Estado da Agricultura, Abastecimento e Desenvolvimento Rural do DF (SEAGRI). O CCU é um documento com duração de trinta anos, podendo ser renovado pelo mesmo período, o que garante ao agricultor beneficiário da reforma agrária o direito à estadia e à exploração do lote no assentamento, além de possibilitar o acesso aos créditos oferecidos pelo Incra e outros programas de apoio à agricultura familiar disponibilizados pelo Governo Federal.

Apesar de suas particularidades, compartilham desafios significativos, especialmente relacionados à infraestrutura precária e aos impactos da crise climática. As moradias de todas as famílias são descritas como sem estrutura adequada, e a infraestrutura básica é insuficiente: não há rede de esgoto nem fossa séptica, o acesso à água potável tratada é inexistente, a energia elétrica é obtida de forma improvisada e a conexão à internet é ruim. A renda da maioria das famílias é de até um salário mínimo, sendo a agricultura a principal ou única fonte de sustento, complementada em alguns casos por auxílios governamentais ou trabalhos esporádicos fora da propriedade. A seca e o calor excessivo são problemas comuns a todos, afetando drasticamente a produtividade agrícola e, em alguns casos, paralisando a produção.

Embora a maioria das famílias (AF1, AF2, AF3 e AF4) tenha o Contrato de Concessão de Uso (CCU), o AF5 é a única família que não possui este documento, vivendo sem segurança fundiária. Essa falta de regularização legal torna a família mais vulnerável, limitando severamente seu acesso a fundos e benefícios. Por outro lado, o envolvimento com a Cooperativa dos Cooperadores do Assentamento Patrícia e Aparecida da Agricultura Familiar (CDCAPAAF) é uma característica compartilhada por quatro das cinco famílias (AF1, AF2, AF4 e AF5), com o AF1 e o AF4 exercendo papéis de liderança, o que demonstra uma busca por fortalecimento coletivo para enfrentar os desafios. O AF3 é a única família que não participa de qualquer associação ou cooperativa.

As estratégias de manejo e as vulnerabilidades específicas de cada agroecossistema são distintas. O AF1, composto por um casal de idosos, é o único a ser caracterizado como um sistema agroecológico, utilizando fertilizantes orgânicos e diversificando sua produção com a criação de frango e peixe para mitigar os prejuízos da seca. A família AF4, por sua vez, adota um controle rigoroso de horários para a irrigação, enquanto o AF2, AF3 e AF5 não possuem estratégias de adaptação, principalmente por falta de recursos financeiros. A produção agrícola também varia: o AF1 e o AF4 têm uma produção diversificada e comercializam ativamente, enquanto o AF2 e o AF3 focam em poucas culturas, e o AF5 tem uma produção pequena e sem comercialização no momento. Por fim, a composição familiar e as condições de vida individuais também contribuem para a vulnerabilidade: o AF2 é um agricultor que vive sozinho e com renda restrita a auxílios, e o AF4 é a família mais numerosa, com quatro crianças. Assim, a vulnerabilidade no assentamento não se manifesta de forma homogênea, mas como um conjunto de fatores socioeconômicos, produtivos e institucionais que se somam aos desafios climáticos.

4.1.2 Núcleo Rural Nova Betânia (AF6 e AF7)

Os agroecossistemas familiares AF6 e AF7 estão situados no Núcleo Rural Nova Betânia, às margens da BR-251, que, embora esteja fora do limite geográfico do PAD/DF, optou-se por mantê-los na análise, tendo em vista que mantém forte relação com essa área, acessando serviços, recursos, canais de comercialização e estruturas institucionais localizadas dentro do PAD/DF, estabelecendo vínculos diretos com o território. Além disso, foi incluído na pesquisa devido à dificuldade de localizar agricultores familiares no PAD/DF no trabalho de campo. Dessa forma, mesmo estando fisicamente fora do perímetro, suas dinâmicas produtivas e sociais estão inseridas no contexto territorial do PAD/DF, o que justifica sua permanência na pesquisa. Ambos enfrentam vulnerabilidades comuns, mas com particularidades que afetam diretamente sua segurança alimentar, renda e capacidade adaptativa.

O AF6 é composto por quatro membros, incluindo um casal de idosos. A família considera sua segurança alimentar garantida, pois diversificam a alimentação e complementam a renda da agricultura com o salário de um dos membros e duas aposentadorias. Apesar de possuírem o Contrato de Concessão de Uso (CCU) da SEAGRI/DF e acesso à energia e internet de boa qualidade, a infraestrutura ainda é desafiadora, com a necessidade de comprar água para consumo e o uso de uma fossa séptica. A vulnerabilidade principal reside na dependência da água limitada do poço para a produção agrícola. Como estratégia para a seca, eles optam por

reduzir a produção de certas culturas durante a estiagem, garantindo assim que a água disponível seja suficiente para o consumo doméstico.

Já o AF7 é uma família de três pessoas, incluindo uma criança. Eles enfrentam uma situação de insegurança fundiária, pois não possuem nenhum documento que comprove a posse da terra. A segurança alimentar é um desafio constante, e a renda é complementada por diárias esporádicas realizadas pelo homem, como ajudante de eletricista. A falta de título de posse e a ausência de acesso a fundos governamentais os tornam mais vulneráveis. A seca impacta diretamente a produção, fazendo com que a família cultive apenas capiaçu durante o período de estiagem, pois é a única cultura que resiste. A infraestrutura também é precária, com problemas na rede de energia elétrica e acesso à internet limitado a dados móveis. Como estratégia de adaptação, eles interrompem o plantio no período de seca, preparando o solo antes da chegada das chuvas, uma vez que não possuem sistema de irrigação.

4.1.3 Núcleo Rural Cavas de Baixo (AF8)

O AF8 está localizado no Núcleo Rural Cavas de Baixo, às margens da BR-251, que, embora esteja fora do limite geográfico do PAD/DF, optou-se por mantê-lo na análise, tendo em vista que mantém forte relação com essa área, acessando serviços, recursos, canais de comercialização e estruturas institucionais localizadas dentro do PAD/DF, estabelecendo vínculos diretos com o território. Além disso, foi incluído na pesquisa devido à dificuldade de localizar agricultores familiares no PAD/DF no trabalho de campo. Dessa forma, mesmo estando fisicamente fora do perímetro, suas dinâmicas produtivas e sociais estão inseridas no contexto territorial do PAD/DF, o que justifica sua permanência na pesquisa.

A família é composta por três pessoas, sendo um homem e duas mulheres, sem idosos ou crianças na residência. O entrevistado relata ter acesso regular e permanente a alimentos de qualidade, pois se alimentam do que produzem. No entanto, a seca afetou gravemente a produção agrícola, levando à perda de diversas plantas que, historicamente, resistiam bem ao clima da região. O entrevistado relatou que, em 2024, perdeu mais de 100 pés de mamão e abacateiros que estavam produzindo, devido à seca, além de observar a morte de espécies típicas do Cerrado, como o pequi.

A renda da família provém tanto da agricultura quanto do trabalho do homem, que atua na administração de uma empresa. Todos os três membros participam do trabalho agrícola, e são alfabetizados. No entanto, a família possui vínculo territorial totalmente informal, sem qualquer documento ou reconhecimento legal da ocupação. A moradia possui ampla variedade de bens domésticos e eletrodomésticos, incluindo itens tecnológicos e de conforto, em bom

estado, e a renda mensal gira em torno de dois salários mínimos. A comercialização da produção ocorre através da venda de carne de porco, uma das atividades principais da propriedade.

A família participa da Associação dos Produtores Rurais da Região das Cavas (CAVAS), buscando apoio e articulação política para fortalecer a agricultura familiar. No entanto, não possui acesso a fundos governamentais que poderiam auxiliar na segurança financeira em períodos de seca. Quanto às condições de infraestrutura, a casa não possui esgotamento sanitário nem rede de esgoto, utilizando fossa séptica. A água consumida provém de um poço artesiano com 156 metros de profundidade, garantindo autonomia hídrica. O acesso à energia elétrica e internet é considerado muito bom, sem dificuldades relatadas.

A produção agrícola é voltada para frutíferas, como mamão e pera, além da criação de porcos. No entanto, o calor extremo dificultou o cultivo de maçãs plantadas anteriormente. A família não tem mais acesso ao PRONAF, mas já participou do programa entre 2008 e 2014, utilizando o recurso para vender verduras e criar galinhas. Durante esse período, conseguiu adquirir uma caixa d'água de cinco mil litros pelo programa.

A propriedade não possui irrigação, mas faz uso de fertilizantes sem agrotóxicos, buscando manter a produção orgânica. O agricultor destacou que a prioridade é não utilizar veneno nos alimentos produzidos para o consumo da família. Para lidar com a seca, a família utiliza um gel que protege as plantas por até noventa dias sem chuva, sem componentes tóxicos, segundo o entrevistado. Além disso, tentaram implementar mangueiras com furos para irrigação, mas a técnica não funcionou bem, pois a água saía quente, prejudicando ainda mais as plantas. A propriedade tem 3 ha no total, sendo que 1 há é de área nativa.

4.1.4 Acampamento no Assentamento Carlos Marighella (AF9 e AF10)

Os agroecossistemas familiares AF9 e AF10 estão localizados no Acampamento Carlos Marighella, no bairro Café Sem Troco/Paranoá – PAD/DF, que é um acampamento de dez anos que está em processo de regularização para se tornar um assentamento formal. A falta de título de posse da terra e o reconhecimento legal da ocupação são os principais desafios em comum, impactando diretamente o acesso a fundos e programas governamentais para ambas as famílias. No entanto, suas vulnerabilidades e estratégias para lidar com a seca são bastante distintas.

O AF9 é um homem idoso que vive sozinho e tem uma segurança alimentar considerada apenas razoável. Sua renda mensal, inferior a um salário mínimo, vem principalmente de diárias que ele faz para outros agricultores, o que limita o tempo e a mão de obra dedicados à sua própria parcela. No entanto, sua principal vantagem é a segurança hídrica: o acampamento possui um poço artesiano e uma caixa d'água de 10 mil litros, o que o torna "rico em água",

segundo seu próprio relato, e o diferencia de muitos outros agricultores da região que sofrem com a seca. Apesar dessa vantagem, a infraestrutura da sua residência é precária, sem esgotamento sanitário adequado, e ele não tem acesso a programas de incentivo à agricultura.

O AF10, por sua vez, é composto por um casal de idosos com uma renda mensal de cerca de um salário mínimo, que não comercializa a produção atualmente. A segurança alimentar deles é regular, mas a vulnerabilidade está na dificuldade de produção: apenas um dos membros trabalha na agricultura, e enfrenta problemas de saúde, enquanto o outro trabalha fora para sustentar a família. Eles também não têm acesso a fundos ou programas governamentais e não participavam da associação local até a entrevista. Diferente do AF9, o AF10 sente os impactos da seca, mas tem uma estratégia de adaptação: eles utilizam um reservatório local para irrigação, o que permite manter os cultivos de milho, feijão e a criação de galinhas em períodos críticos. Apesar das dificuldades, eles possuem uma infraestrutura de energia elétrica e internet de "100% de qualidade", que destoa das condições precárias dos outros agroecossistemas.

4.2 Índice de vulnerabilidade à seca

Após a divisão dos indicadores em dez dimensões - perfil demográfico, segurança alimentar, pluriatividade, perigo climático (seca), condições físicas e territoriais, recursos humanos, recursos econômicos, recursos de infraestrutura, recursos agrícolas e recursos ambientais - considerando os fatores socioeconômicos e ambientais que compõem a vulnerabilidade das famílias, estes foram padronizados de acordo com as escalas qualiquantitativas dos componentes sensibilidade e capacidade adaptativa (Quadros 2 e 3). A média aritmética dos indicadores constituiu o valor de cada dimensão, que, por sua vez, compôs os valores médios de cada componente. Por fim, o Índice de Vulnerabilidade foi calculado pela diferença entre a sensibilidade e a capacidade adaptativa ($S-CA$), assegurando a coerência dos resultados dentro do intervalo normalizado $[0,1]$.

4.2.1 Agroecossistema Familiar 1 (AF1)

A família é composta por dois membros, marido e mulher, sendo um idoso, os quais fizeram parte dos primeiros participantes do acampamento ainda em 2013. Eles dependem exclusivamente da agricultura como fonte de renda e afirmam que apesar dos desafios, possuem acesso regular e permanente a alimentos de qualidade, se alimentando exclusivamente do que produzem.

As condições de moradia ainda são precárias, sendo a casa descrita pelo entrevistado como um “barraco sem estrutura adequada”. Nenhum dos membros da família é alfabetizado e possuem uma renda mensal de até um salário mínimo, além de enfrentarem barreiras para acessar programas governamentais como o PRONAF e o PAA, mesmo estando cadastrados. A parcela possui uma área de 6 ha e está inserida em uma região com diversos usos e ocupação do solo, como formação savânica, florestal, silvicultura, pastagem e outras lavouras temporárias. Dos 6 ha da parcela, 1 ha é de área nativa protegida.

Devido às dinâmicas socioprodutivas e as técnicas de manejo aplicadas, o agroecossistema é caracterizado como um sistema agroecológico (Pimentel, 2025). A produção agrícola da família é diversificada, incluindo verduras, hortaliças e frutas, e toda a área produtiva (1 ha) é irrigada. Eles utilizam fertilizantes orgânicos, como adubo de mamona misturado com esterco de gado e cinza, além de preparações caseiras à base de álcool, alho e pimenta-do-reino. A comercialização dos produtos ocorre aos sábados em São Sebastião, através de entregas domiciliares e vendas diretas no carro, alcançando cerca de 40 a 50 clientes por semana.

No entanto, a seca afeta significativamente a produtividade agrícola. Segundo o entrevistado, de fevereiro/março até junho a disponibilidade hídrica é suficiente, entretanto, de junho a janeiro o nível de água na cisterna diminui significativamente. De acordo com o seu relato:

“Como o período de seca foi prolongado (em 2024) ai teve muita falta, fiquei até sem plantar por causa de água. De março até agosto uma coisa que ela molha 100%, de agosto pra frente ela molha metade. A água da cisterna abaixa, se ela tem 5 m ela vai pra 2,5 m, e se tiver 2,5 m ela vai pro 0, seca tudo. A água tem abaixado cada vez mais. Quando eu abri esse poço (em 2018) ela tinha 8 m de água, e as vezes passava dos 8 m, ficou 2 anos assim, ai foi abaixando, nesse último ano (2024) ela só foi até 6 m e próximo ano é arriscado ficar só nos 5 m.” (Entrevista AF1, 2024).

Os impactos da seca são desafiadores para a família, e a estratégia adotada por eles é a diversificação da produção com a criação de frango e peixe para diminuir prejuízos. A falta de saneamento também é um problema grave: não há coleta de esgoto nem fossa séptica. A energia elétrica utilizada é obtida de maneira improvisada, e a conexão da internet é avaliada como muito ruim. Além dos desafios estruturais, há também dificuldades burocráticas. O entrevistado relata que, mesmo após doze anos no assentamento, ainda não conseguiu regularizar toda a documentação necessária para acessar benefícios governamentais. A falta de licença ambiental é um dos principais entraves, impedindo a obtenção de crédito e apoio institucional. A família participa ativamente da Cooperativa dos Cooperadores do Assentamento Patrícia e Aparecida

da Agricultura Familiar (CDCAPAAF), sendo o entrevistado o presidente da Cooperativa, buscando fortalecimento coletivo para enfrentar os desafios do setor agrícola.

Diante dessa realidade, os resultados encontrados no contexto do AF1 estão representados abaixo, permitindo a observação dos pontos mais favoráveis, bem como os mais frágeis em relação à sensibilidade e à capacidade adaptativa diante do perigo da seca. O AF1 apresenta um valor moderado de sensibilidade (0,60) e um baixo valor de capacidade adaptativa (0,26), resultando em um índice de vulnerabilidade moderada (0,34). Como cada indicador representa uma variável específica que caracteriza aspectos da vulnerabilidade do AF1, sua análise individualizada é fundamental para uma compreensão mais aprofundada dos resultados obtidos no índice final, nesse sentido, a Tabela 2 apresenta os valores atribuídos a cada indicador e a Tabela 3 o cálculo do índice de vulnerabilidade.

Tabela 2 - Valores atribuídos aos Indicadores - AF1

Componentes de vulnerabilidade	Indicadores	Valor atribuído a cada indicador
Sensibilidade	Nº de idosos e crianças	0,5
	Acesso a alimentos de qualidade e em quantidade suficiente	0
	Diversidade de renda	1
	Histórico de impactos da seca agrícola	1
	Uso e ocupação do solo	0,5
Capacidade Adaptativa	Taxa de participação no trabalho agrícola	0,5
	Taxa de alfabetização (com idade igual ou maior que 7 anos)	0
	Posse da terra	1
	Bens domésticos	0
	Renda mensal	0
	Canais de comercialização/ acesso a mercados	0,5
	Participação associativa	1
	Fundo de gestão de desastres	0
	Acesso a esgotamento sanitário	0
	Acesso a água potável segura	0
	Acesso à energia elétrica e internet	0
	Diversidade de cultivos	1
	Disponibilidade de seguros, investimentos e programas que protegem a produção agrícola	0

Acesso a insumos e instrumentos de produção agrícola (Instalações de irrigação; acesso a fertilizantes e corretivos orgânicos para o solo)	1
Estratégias locais para a redução de impactos na produtividade em secas prolongadas	0,5
Presença de áreas nativas e protegidas	0

Fonte: Elaboração própria (2025).

Tabela 3 - Índice de vulnerabilidade à seca – AF1

Componentes de vulnerabilidade	Dimensões	Valor médio dimensões	Valor médio componentes	Índice de vulnerabilidade (S-CA)
Sensibilidade	Perfil demográfico	0,5	0,60	0,34
	Segurança alimentar	0		
	Pluriatividade	1		
	Perigo climático (seca)	1		
	Condições de uso e ocupação do solo	0,5		
Capacidade Adaptativa	Recursos humanos	0,25	0,26	
	Recursos econômicos	0,41		
	Recursos de infraestrutura	0		
	Recursos agrícolas	0,63		
	Recursos ambientais	0		

Fonte: Elaboração própria (2025).

A partir da avaliação de desempenho dos indicadores de sensibilidade, é possível observar que os aspectos de maior sensibilidade desse AF estão ligados à baixa diversidade de renda (possuem apenas a renda da produção agrícola), e a sensibilidade à seca relatada no histórico de impactos da seca agrícola. Segundo Cutter, Boruff e Shirley (2003), a sensibilidade aos riscos climáticos é maior nesses casos, devido a dependência econômica baseada na extração de recursos naturais e de atividades produtivas que dependem intensamente de condições climáticas. Nesse caso, quanto maior a dependência da receita da família em

atividades agropecuárias maior a sensibilidade a eventos climáticos extremos. Já para o Histórico de impactos da seca agrícola, o entrevistado relata que a seca causa impactos severos na produção agrícola, comprometendo a maior parte das culturas, principalmente de junho a janeiro, período no qual o nível de água do poço artesiano diminui significativamente.

Os indicadores Número de idosos e crianças; Uso e ocupação do solo, são classificados com sensibilidade moderada, visto que 50% dos membros são idosos. A sensibilidade aumenta conforme a proporção de pessoas nessa faixa etária, devido à maior necessidade de cuidados e menor autonomia em situações de risco (Cutter, Boruff e Shirley, 2003; Das *et al.*, 2020). Quanto ao uso e ocupação do solo, este valor se deve ao fato de que a família está localizada em uma área de uso misto, que combina agricultura, pastagem e silvicultura, porém com áreas de vegetação nativa conservadas.

Quanto ao Acesso regular e permanente a alimentos de qualidade e em quantidade suficiente, aponta baixa sensibilidade, pois o entrevistado afirma ter segurança alimentar, de acordo com a definição da Lei nº 11.346/2006 (Sistema Nacional de Segurança Alimentar e Nutricional – SISAN) (Brasil, 2006).

Dessa forma, observa-se que as dimensões com sensibilidade alta são as de Pluriatividade (1) e Perigo climático (seca) (1), enquanto as dimensões de Perfil demográfico (0,5) e Condições de uso e ocupação do solo (0,5) apresentam sensibilidade moderada, e a dimensão de Segurança alimentar (0) possui sensibilidade baixa.

Quanto à capacidade adaptativa, nove dos dezesseis indicadores avaliados foram classificados com baixa/nenhuma capacidade adaptativa, resultando em uma média de 0,26, o que indica uma baixa capacidade de ajuste a danos potenciais, e limitado aproveitamento de oportunidades ou de respostas às consequências diante do perigo da seca (IPCC, 2014). Dentre os demais fatores, esse desempenho é explicado pelo fato de que nenhum dos membros da família é alfabetizado, o que limita o acesso à informação e à compreensão de riscos, dificultando a tomada de decisões estratégicas em situações adversas (Brenkert e Malone, 2005).

Explica-se também pelos indicadores Bens domésticos, Renda mensal e Fundo de gestão de desastres, aplicados para analisar a realidade econômica da família. Observou-se a ausência de bens domésticos básicos (como fogão, geladeira etc.), evidenciando uma situação de extrema escassez. A renda média mensal familiar, utilizada como um indicador de acesso a recursos essenciais (Das *et al.*, 2020; Sharma e Ravindranath, 2019; Unger *et al.*, 2011), é baixa e insuficiente, sendo em torno de até um salário mínimo. Além disso, a família não possui

acesso a fundos de gestão de desastres climáticos e instrumentos financeiros governamentais que permitam ações de resposta e recuperação frente a eventos climáticos extremos. Essas limitações econômicas comprometem significativamente a capacidade de resiliência da família diante dos impactos climáticos (Kim *et al.*, 2021).

Outros indicadores classificados como de baixa capacidade adaptativa, são aqueles ligados aos recursos de infraestrutura local, quais sejam, esgotamento sanitário, água potável, energia elétrica e internet. A família não possui acesso a nenhum tipo de sistema de esgotamento sanitário e à água potável segura. Segundo o agricultor, "não tem uma água boa nem pra gente trabalhar" (Entrevista AF1, 2024); e descreve a energia elétrica e a internet disponíveis como de baixa qualidade. Compreender as condições de infraestrutura é importante, visto que o acesso a esgotamento sanitário, água potável, eletricidade e internet de qualidade, é fundamental para fortalecer a capacidade do sistema de responder e se adaptar (Cannon, Twigg e Rowell, 2003; Das *et al.*, 2020).

Os dois últimos indicadores classificados como de baixa capacidade adaptativa são Disponibilidade de seguros, investimentos e programas que protegem a produção agrícola e Presença de áreas nativas e protegidas. O acesso a seguros, investimentos e programas de apoio à produção agrícola é fundamental para fortalecer a capacidade adaptativa, pois reduz a vulnerabilidade econômica, viabiliza a continuidade da produção em períodos críticos, amplia a capacidade de investimento em práticas adaptativas, fortalece a autonomia e a estabilidade das famílias e expande o acesso a conhecimentos técnicos e redes de apoio (Sharma e Ravindranath, 2019). No caso do AF1, o entrevistado relatou ter realizado o cadastro no Programa de Aquisição de Alimentos (PAA), porém nunca conseguiu ser contemplado. Em relação à Presença de áreas nativas e protegidas, observou-se que apenas 16,67% da área da parcela é composta por vegetação nativa, o que reduz a capacidade de regulação do microclima, a manutenção da umidade do solo, a proteção da biodiversidade e a resistência a distúrbios climáticos (Mancal *et al.*, 2016; Sharma e Ravindranath, 2019).

Os indicadores Taxa de participação no trabalho agrícola, Canais de comercialização/ acesso a mercados, Estratégias locais para a redução de impactos na produtividade em secas prolongadas, foram classificados com capacidade adaptativa moderada. Essa classificação se deu pelo fato de que 50% dos membros da família estão envolvidos nas atividades agrícolas, bem como a comercialização da produção ocorrer predominantemente por meio de encomendas ou vendas "porta a porta", com pouca diversidade de canais de escoamento. Por fim, as estratégias locais adotadas para mitigar os impactos da seca são ações baseadas em experiências

anteriores, como a diversificação temporária da produção (com criação de peixe e frango), mas sem um planejamento contínuo e estruturado ou suporte técnico-institucional.

Em contrapartida, quatro indicadores foram classificados como de alta capacidade adaptativa, contribuindo para a redução do índice de vulnerabilidade: Posse da terra, Participação associativa, Diversidade de cultivos e Acesso a insumos e instrumentos de produção agrícola (Instalações de irrigação; acesso a fertilizantes e corretivos orgânicos para o solo). O Contrato de Concessão de Uso (CCU) devidamente registrado pela SEAGRI/DF garante permanência na terra por um período de trinta anos, que pode ser renovado pelo mesmo período, o que possibilita maior segurança para os agricultores, já que o acesso à terra reduz a sensibilidade, por facilitar o acesso a créditos, investimentos em infraestrutura e permanência produtiva (Das *et al.*, 2020). A participação ativa em associações e cooperativas de agricultores que promovem a articulação política e a defesa de interesses do setor, amplia a capacidade adaptativa, ao facilitar o acesso a créditos, programas e outros benefícios (Sharma e Ravindranath, 2019), no caso da família analisada, a avaliação máxima neste indicador justifica-se pelo fato do entrevistado ser o presidente da Cooperativa dos Cooperadores do Assentamento Patrícia e Aparecida da Agricultura Familiar (CDCAPAAF), promovendo articulações políticas e setoriais.

Destaca-se também a diversidade de cultivos no sistema produtivo familiar, com a presença de uma ampla variedade de hortaliças, frutas e criação de frango, o que torna a produção agrícola mais robusta e resiliente (Sharma e Ravindranath, 2019). Já o indicador Acesso a insumos e instrumentos de produção agrícola também recebeu avaliação máxima, uma vez que toda a área produtiva é irrigada e o uso de insumos se restringe a uma diversidade de fertilizantes orgânicos, promovendo resiliência ambiental, conservação da saúde do solo e menor impacto à saúde humana (Das *et al.*, 2020; Sharma e Ravindranath, 2019).

Portanto, as dimensões com baixa capacidade adaptativa são Recursos humanos (0,25), Recursos de infraestrutura (0) e Recursos ambientais (0), enquanto as dimensões de Recursos econômicos (0,41) e Recursos agrícolas (0,63) apresentaram capacidade adaptativa moderada.

4.2.2 Agroecossistema Familiar 2 (AF2)

O agricultor entrevistado enfrenta inúmeras dificuldades para manter sua produção e qualidade de vida no assentamento onde reside (Assentamento Patrícia e Aparecida). O agricultor entrevistado vive sozinho em um “barraco de madeira sem estrutura adequada” (Entrevista AF2, 2024). Não há idosos ou crianças na residência. A principal limitação enfrentada é a falta de água, que tem sido utilizada prioritariamente para consumo, banho e

cozinha, deixando a produção agrícola comprometida. A parcela possui uma área de 6 ha e está inserida em uma região de formação savânica.

O morador não considera ter uma alimentação de qualidade, pois não pode escolher o que comer, devido às limitações financeiras e produtivas, embora tenha acesso básico a alimentos como arroz, feijão, frango e ovos. Além disso, a sua renda depende de auxílios governamentais.

A seca tem impactado severamente sua produção agrícola, afetando o crescimento e o rendimento das culturas. Atualmente, a produção está interrompida por conta da falta de água. Além disso, ele enfrenta dificuldades com a mão de obra, pois seus filhos, que antes o ajudavam deixaram o trabalho no campo. A comercialização dos produtos, que antes ocorria de forma direta, foi interrompida devido à seca. No entanto, ele faz parte da Cooperativa dos Cooperadores do Assentamento Patrícia e Aparecida da Agricultura Familiar (CDCAPAAF), buscando fortalecimento coletivo para enfrentar os desafios. Apesar disso, não possui acesso a fundos governamentais destinados à agricultura familiar.

As condições de saneamento são precárias. A água potável também é uma preocupação, pois não há acesso a uma fonte segura de água. Além disso, a energia elétrica utilizada é "gato", e ele não tem acesso à internet. A produção agrícola é limitada à cultura do maracujá, e menos de 0,5 ha da área total de 6 ha são irrigados. O agricultor tem acesso restrito a fertilizantes e corretivos, utilizando esterco de galinha como insumo principal. Em relação a estratégias para lidar com períodos de seca prolongada, ele não possui nenhuma medida implementada.

Diante disso, o contexto do Agroecossistema Familiar 2 (AF2) em relação à sensibilidade e à capacidade adaptativa diante do perigo da seca está apresentado a seguir. O AF2 apresenta um valor moderado de sensibilidade (0,60) e um baixo valor de capacidade adaptativa (0,20), resultando em um índice de vulnerabilidade classificado como moderado (0,40) (Tabelas 4 e 5).

Tabela 4 - Valores atribuídos aos Indicadores - AF2

Componentes de vulnerabilidade	Indicadores	Valor atribuído a cada indicador
Sensibilidade	Nº de idosos e crianças	0,5
	Acesso a alimentos de qualidade e em quantidade suficiente	0
	Diversidade de renda	1
	Histórico de impactos da seca agrícola	1
	Uso e ocupação do solo	0,5
	Taxa de participação no trabalho agrícola	0,5

Capacidade Adaptativa	Taxa de alfabetização (com idade igual ou maior que 7 anos)	0
	Posse da terra	1
	Bens domésticos	0
	Renda mensal	0
	Canais de comercialização/ acesso a mercados	0,5
	Participação associativa	1
	Fundo de gestão de desastres	0
	Acesso a esgotamento sanitário	0
	Acesso a água potável segura	0
	Acesso à energia elétrica e internet	0
	Diversidade de cultivos	1
	Disponibilidade de seguros, investimentos e programas que protegem a produção agrícola	0
	Acesso a insumos e instrumentos de produção agrícola (Instalações de irrigação; acesso a fertilizantes e corretivos orgânicos para o solo)	1
	Estratégias locais para a redução de impactos na produtividade em secas prolongadas	0,5
	Presença de áreas nativas e protegidas	0

Fonte: Elaboração própria (2025).

Tabela 5 - Índice de vulnerabilidade à seca - AF2

Componentes de vulnerabilidade	Dimensões	Valor médio dimensões	Valor médio componentes	Índice de vulnerabilidade (S-CA)
Sensibilidade	Perfil demográfico	0	0,60	0,40
	Segurança alimentar	0,5		
	Pluriatividade	1		
	Perigo climático (seca)	1		
	Condições de uso e ocupação do solo	0,5		
Capacidade Adaptativa	Recursos humanos	0	0,20	
		0,33		

Recursos econômicos		
Recursos de infraestrutura	0,17	
Recursos agrícolas	0	
Recursos ambientais	0,5	

Fonte: Elaboração própria (2025).

Os indicadores classificados com alta sensibilidade são: Diversidade de renda e Histórico de impactos da seca agrícola. A elevada sensibilidade em Diversidade de renda se deve ao fato de o AF2 depender exclusivamente de auxílio governamental, não dispondo de outras fontes de renda fixa, já que a produção agrícola está temporariamente paralisada. Essa condição o torna mais sensível, uma vez que a produção agrícola, que poderia representar uma alternativa econômica, encontra-se atualmente limitada por questões de saúde do agricultor. No que se refere ao Histórico de impacto da seca agrícola, o entrevistado relata que os períodos de estiagem têm causado danos severos à produção, comprometendo a maioria ou a totalidade das culturas.

Os indicadores classificados como de sensibilidade moderada (Acesso regular e permanente a alimentos de qualidade e em quantidade suficiente e Uso e ocupação do solo), receberam essa avaliação, pois o entrevistado afirmou não possuir condições de escolha sobre os alimentos que consome, em razão de limitações financeiras e produtivas, resultando em um acesso com restrições sazonais ou pontuais tanto na qualidade quanto na quantidade dos alimentos. Quanto ao indicador Uso e ocupação do solo, a classificação moderada se deve ao fato de o AF2 estar localizado em uma área de uso misto, que combina agricultura, pastagem e silvicultura, mas que ainda mantém parcelas de vegetação nativa conservada.

Já o indicador Número de idosos e crianças avaliado como de baixa sensibilidade, está associado ao perfil demográfico, devido à ausência de idosos e crianças, grupos frequentemente mais vulneráveis por estarem sujeitos a maiores necessidades de cuidados em contextos de risco (Cutter, Boruff e Shirley, 2003; Das *et al.*, 2020). Portanto, nesse cenário os indicadores de sensibilidade alta são aqueles atrelados às dimensões de Pluriatividade (1) e Perigo climático (seca) (1), enquanto as dimensões com sensibilidade moderada são Segurança alimentar (0,5) e Condições de uso e ocupação do solo (0,5) e com baixa sensibilidade a dimensão de Perfil demográfico (0).

Onze dos dezesseis indicadores analisados receberam avaliação de baixa capacidade adaptativa. O indicador Taxa de participação no trabalho agrícola foi classificado dessa forma porque os filhos do entrevistado - anteriormente responsáveis pelas atividades agrícolas - não residem mais na propriedade. O único morador atual apresenta limitações de saúde que o impedem de desempenhar plenamente as tarefas na terra. Considerando que a participação de mais pessoas em um sistema agrícola favorece sua recuperação diante de distúrbios climáticos, entende-se que o AF2 apresenta baixa capacidade adaptativa nesse sentido (Das *et al.*, 2020). O indicador Taxa de alfabetização também foi avaliado com nota mínima, já que o morador não é alfabetizado. A ausência de alfabetização reduz o acesso à informação, compromete a compreensão de riscos e dificulta a tomada de decisões estratégicas em contextos adversos (Brenkert e Malone, 2005; Das *et al.*, 2020; Sharma e Ravindranath, 2019).

O indicador Renda mensal também recebeu avaliação baixa, pois a renda média do agricultor é inferior a um salário mínimo. Como a renda média mensal é considerada um indicador central de acesso a bens e serviços, entende-se que há forte limitação no acesso a recursos essenciais (Das *et al.*, 2020; Sharma e Ravindranath, 2019; Unger *et al.*, 2011). Consequentemente, o indicador Canais de comercialização/acesso a mercados também foi avaliado como baixo, já que o agricultor não está conseguindo produzir o suficiente para comercializar, o que limita ainda mais sua diversidade de renda. O indicador Fundo de gestão de desastres, que representa o acesso a instrumentos financeiros públicos voltados à resposta e recuperação frente a eventos extremos, também recebeu nota mínima, pois o agricultor não dispõe de nenhum tipo de assistência governamental voltada à gestão de desastres climáticos.

O acesso à água potável, eletricidade, internet e infraestruturas é fundamental para a capacidade do sistema de responder e se adaptar a eventos extremos (Cannon, Twigg e Rowell, 2003; Das *et al.*, 2020). Nesse sentido, no que diz respeito aos recursos de infraestrutura, os indicadores Acesso a água potável segura e Acesso à energia elétrica e internet foram classificados como baixos. O entrevistado relata que não há acesso à água potável segura, que a energia elétrica é improvisada e que não há qualquer tipo de acesso à internet.

Os demais indicadores com avaliação mínima estão associados aos recursos agrícolas: Diversidade de cultivos, Disponibilidade de seguros, investimentos e programas que protegem a produção agrícola, Acesso a insumos e instrumentos de produção agrícola - Instalações de irrigação; acesso a fertilizantes e corretivos orgânicos para o solo e Estratégias locais para a redução de impactos na produtividade em secas prolongadas. Tais avaliações refletem a realidade da unidade produtiva, que atualmente cultiva apenas uma cultura agrícola (maracujá), não acessa nenhum programa público, possui menos de 0,5 hectare irrigado e apresenta uso

restrito de fertilizantes e corretivos. Além disso, o entrevistado afirmou que não adota estratégias específicas para enfrentar períodos prolongados de seca.

Os indicadores avaliados como de capacidade adaptativa moderada, associados aos recursos econômicos (Bens domésticos e Participação associativa) receberam essa classificação por refletirem uma realidade de acesso parcial e limitado a recursos. A residência possui alguns bens essenciais em estado funcional, no entanto, com restrições quanto à variedade e à modernização. Em relação à participação associativa, o agricultor é membro da Cooperativa dos Cooperadores do Assentamento Patrícia e Aparecida da Agricultura Familiar (CDCAPAAF), mas não exerce função de liderança. Esses indicadores contribuem para o entendimento da capacidade de acesso da família a bens e serviços básicos, refletindo sua condição socioeconômica.

Outros dois indicadores também classificados com capacidade adaptativa moderada são Acesso a esgotamento sanitário e Presença de áreas nativas e protegidas. O primeiro se justifica pelo uso de fossa séptica como alternativa à ausência de um sistema formal de coleta e tratamento de esgoto. Quanto à presença de áreas nativas, o agricultor divide legalmente uma reserva de 20 ha com outros assentados, embora essa vegetação nativa não esteja integralmente inserida dentro de sua parcela, representando entre 34% e 66% da sua área total. Por fim, o indicador Posse da terra recebeu nota máxima, pois o AF possui Contrato de Concessão de Uso (CCU) devidamente registrado pela SEAGRI/DF, o que possibilita maior segurança para os agricultores, já que o acesso à terra reduz a sensibilidade, por facilitar o acesso a créditos, investimentos em infraestrutura e permanência produtiva (Das *et al.*, 2020).

Dessa forma, observa-se que as dimensões com desempenho baixo em termos de capacidade adaptativa são: Recursos humanos (0), Recursos econômicos (0,33), Recursos de infraestrutura (0,17) e Recursos agrícolas (0), enquanto a dimensão de Recursos ambientais apresentou capacidade adaptativa moderada (0,5).

4.2.3 Agroecossistema familiar 3 (AF3)

O Agroecossistema familiar 3 (AF3) é composto por dois membros, sendo um homem e uma mulher, ambos idosos, e está inserida no Assentamento Patrícia e Aparecida, em uma parcela de 6 há inserida em uma região de formação savânica.

A família não depende exclusivamente do que planta para se alimentar, tendo acesso a outros alimentos comprados. No entanto, a seca tem sido um grande obstáculo à produtividade agrícola. Segundo o entrevistado, o calor excessivo inviabiliza o crescimento das plantações, e a irrigação não é possível devido aos altos custos.

Ambos os moradores estão envolvidos no trabalho agrícola, e os dois são alfabetizados. A moradia não conta com bens domésticos suficientes, tendo alguns bens essenciais em funcionamento, mas ainda com limitações de variedade e modernização. A renda mensal da família é inferior a um salário mínimo, proveniente de auxílio governamental. De acordo com o entrevistado, atualmente, a produção agrícola da família está paralisada, devido as condições de seca, calor e falta de recursos para desenvolver estratégias de adaptação, logo, eles não estão comercializando seus produtos. Além disso, não participam de associações ou cooperativas que promovam a articulação política e a defesa de seus interesses no setor agrícola. A família também não possui acesso a fundos governamentais destinados a garantir a segurança e manutenção da produção em casos de desastres climáticos. As condições de saneamento são precárias. A família não tem acesso a rede de esgoto nem possui fossa séptica e consomem água da cisterna. A eletricidade da casa é obtida por meio de "gato", e não há acesso à internet.

A família cultivava milho e feijão, mas enfrenta dificuldades para ampliar a produção. O agricultor relatou que sempre tenta acessar recursos governamentais, como o PRONAF, o Fundo de Desenvolvimento Rural e o Programa de Aquisição de Alimentos (PAA), mas nunca conseguiu se encaixar nos critérios exigidos. Além disso, não há irrigação na propriedade, o que torna o cultivo ainda mais difícil em períodos de seca. São utilizados fertilizantes orgânicos e não são adotadas estratégias específicas para lidar com períodos de seca prolongada. A área da propriedade inclui 1 ha de vegetação nativa dentro da parcela total de 6 hectares.

Diante disso, o contexto do AF3, no que se refere à sensibilidade e à capacidade adaptativa frente ao perigo da seca, está apresentado a seguir. A unidade familiar apresenta um valor alto de sensibilidade (0,70) e uma baixa capacidade adaptativa (0,25), o que resulta em um índice de vulnerabilidade final classificado como moderado (0,45), conforme demonstrado nas Tabelas 6 e 7.

Tabela 6 - Valores atribuídos aos Indicadores - AF3

Componentes de vulnerabilidade	Indicadores	Valor atribuído a cada indicador
Sensibilidade	Nº de idosos e crianças	1
	Acesso a alimentos de qualidade e em quantidade suficiente	0
	Diversidade de renda	1
	Histórico de impactos da seca agrícola	1
	Uso e ocupação do solo	0,5
Capacidade Adaptativa	Taxa de participação no trabalho agrícola	1
	Taxa de alfabetização (com idade igual ou maior que 7 anos)	1

Posse da terra	1
Bens domésticos	0,5
Renda mensal	0
Canais de comercialização/ acesso a mercados	0
Participação associativa	0
Fundo de gestão de desastres	0
Acesso a esgotamento sanitário	0
Acesso a água potável segura	0
Acesso à energia elétrica e internet	0
Diversidade de cultivos	0
Disponibilidade de seguros, investimentos e programas que protegem a produção agrícola	0
Acesso a insumos e instrumentos de produção agrícola (Instalações de irrigação; acesso a fertilizantes e corretivos orgânicos para o solo)	0
Estratégias locais para a redução de impactos na produtividade em secas prolongadas	0
Presença de áreas nativas e protegidas	0

Fonte: Elaboração própria (2025).

Tabela 7 - Índice de vulnerabilidade à seca – AF3

Componentes de vulnerabilidade	Dimensões	Valor médio dimensões	Valor médio componentes	Índice de vulnerabilidade (S-CA)
Sensibilidade	Perfil demográfico	1	0,70	0,45
	Segurança alimentar	0		
	Pluriatividade	1		
	Perigo climático (seca)	1		
	Condições de uso e ocupação do solo	0,5		
Capacidade Adaptativa	Recursos humanos	1	0,25	
	Recursos econômicos	0,25		
	Recursos de infraestrutura	0		

Recursos agrícolas	0	
Recursos ambientais	0	

Fonte: Elaboração própria (2025).

De acordo com as tabelas acima, os indicadores identificados com sensibilidade alta (1) são: Número de idosos e crianças, Diversidade de renda e Histórico de impactos da seca agrícola. A elevada sensibilidade em Número de idosos e crianças se deve ao fato de que todos os moradores da casa são idosos (mais de 60 anos). A sensibilidade é acentuada conforme a presença de pessoas nessa faixa etária, considerando a maior necessidade de cuidados e a menor autonomia em contextos de risco (Cutter, Boruff e Shirley, 2003; Das *et al.*, 2020). No indicador Diversidade de renda, a dependência exclusiva da família em auxílio governamental e a ausência de outras fontes de renda fixa, justificam a classificação de sensibilidade alta. Essa condição compromete a segurança econômica, uma vez que a produção agrícola, que poderia diversificar a renda, encontra-se atualmente paralisada.

Quanto ao Histórico de impacto da seca agrícola, o entrevistado relatou que os períodos de estiagem têm causado danos severos à produção, afetando grande parte ou até a totalidade das culturas. De acordo com seu relato, o que é plantado não se desenvolve devido às altas temperaturas e à falta de irrigação. O indicador classificado com sensibilidade moderada foi o Uso e ocupação do solo. Isso se dá pelo fato de o AF3 estar localizado em uma área de uso misto, que inclui agricultura, pastagem e silvicultura, mas ainda com áreas de vegetação nativa conservadas.

Já o indicador Acesso regular e permanente a alimentos de qualidade e em quantidade suficiente foi classificado com sensibilidade baixa, porque a família declarou ter segurança alimentar, conforme os critérios definidos pela Lei nº 11.346/2006, que institui o Sistema Nacional de Segurança Alimentar e Nutricional (SISAN) (Brasil, 2006).

Dessa forma, observa-se que as dimensões com sensibilidade alta são as de Perfil demográfico (1), Pluriatividade (1) e Perigo climático (seca) (1), enquanto a dimensão de Condições de uso e ocupação do solo (0,5) tem sensibilidade moderada e a dimensão de Segurança alimentar apresenta sensibilidade baixa (0). Na sequência, são apresentados os resultados referentes à capacidade adaptativa e seus respectivos indicadores.

Dos dezesseis indicadores avaliados no componente de capacidade adaptativa, doze receberam a classificação mais baixa, sendo eles: Renda mensal; Canais de

comercialização/acesso a mercados; Participação associativa; Fundo de gestão de desastres; Acesso a esgotamento sanitário; Acesso a água potável segura; Acesso à energia elétrica e internet; Diversidade de cultivos; Disponibilidade de seguros, investimentos e programas que protegem a produção agrícola; Acesso a insumos e instrumentos de produção agrícola; Estratégias locais para a redução de impactos na produtividade em secas prolongadas; e Presença de áreas nativas e protegidas.

O indicador Renda mensal recebeu nota mínima devido à renda mensal do AF ser inferior a um salário mínimo. Como a renda é um importante indicador de acesso a bens e serviços, essa condição demonstra forte limitação de recursos essenciais (Das *et al.*, 2020; Sharma e Ravindranath, 2019; Unger *et al.*, 2011). A insuficiência produtiva e a ausência de excedente para comercialização justificam a avaliação mínima também para o indicador Canais de comercialização/acesso a mercados, limitando a diversificação de renda.

A não participação em associações ou cooperativas locais justifica a avaliação do indicador de Participação associativa, o que compromete o acesso a programas, créditos e articulações políticas que poderiam fortalecer a capacidade de resposta da família frente a eventos extremos. No caso do Fundo de gestão de desastres, o agricultor relatou não ter acesso a qualquer fundo ou assistência governamental voltada à gestão de desastres climáticos, o que corrobora com a baixa avaliação desse indicador.

Na dimensão de recursos de infraestrutura, os indicadores Acesso a esgotamento sanitário, Acesso a água potável segura e Acesso à energia elétrica e internet também foram avaliados com nota mínima, visto que a família não possui sistema de esgotamento sanitário, consome água da cisterna sem qualquer tipo de tratamento ou proteção, e apresenta acesso precário à energia elétrica e inexistência de conexão à internet. O acesso a esses serviços básicos é essencial para ampliar a capacidade de adaptação frente a eventos climáticos extremos (Cannon, Twigg e Rowell, 2003; Das *et al.*, 2020).

Todos os indicadores associados à dimensão dos recursos agrícolas (Diversidade de cultivos; Disponibilidade de seguros, investimentos e programas que protegem a produção agrícola; Acesso a insumos e instrumentos de produção agrícola; Estratégias locais para a redução de impactos na produtividade em secas prolongadas) também receberam nota mínima. A baixa diversidade de cultivos (restrita a milho e feijão), caracteriza o sistema como menos biodiverso, e consequentemente, com menor capacidade de adaptação e regeneração a impactos e desequilíbrios ecológicos e climáticos (Sharma e Ravindranath, 2019). Além disso, a capacidade adaptativa é reduzida pela inexistência de acesso a programas de apoio à produção, fundamentais para reduzir a vulnerabilidade econômica, viabilizar a continuidade da produção

em períodos críticos e ampliar a capacidade de investimento em práticas adaptativas, fortalecendo a autonomia e a estabilidade das famílias ao expandir o acesso a conhecimentos técnicos e redes de apoio (Sharma e Ravindranath, 2019).

Também a ausência de irrigação adequada e a limitação de acesso a insumos orgânicos, além da falta de estratégias planejadas para enfrentar períodos de secas prolongadas, refletem a fragilidade adaptativa da família. Essas medidas de resposta à seca são importantes indicadores para avaliar a capacidade adaptativa de unidades agrícolas diante do risco de estiagens prolongadas, pois proporcionam maior segurança aos agricultores durante períodos de escassez hídrica (Das *et al.*, 2020; Sharma e Ravindranath, 2019). A avaliação do indicador Presença de áreas nativas e protegidas, também foi baixa, uma vez que apenas 1 ha dos 6 ha totais da parcela (16,66%) é coberto por vegetação nativa ou protegida, reduzindo o potencial ecológico de suporte do sistema (Mancal *et al.*, 2016).

O indicador Bens domésticos obteve valor moderado por haver apenas parte dos bens domésticos básicos em estado funcional, ainda com limitações em variedade e modernização. A posse (ou não) de bens domésticos pode ser usada como um indicador de capacidade adaptativa, pois auxilia no entendimento acerca da realidade econômica familiar (Das *et al.*, 2020; Vicent, 2006).

Por fim, os indicadores Taxa de participação no trabalho agrícola, Taxa de alfabetização e Posse da terra, foram classificados com alta capacidade adaptativa. Isso porque todos os membros da família estão envolvidos no trabalho agrícola e são alfabetizados, além de possuírem Contrato de Concessão de Uso (CCU) devidamente registrado pela SEAGRI/DF.

Em síntese, a análise dos indicadores evidencia que as dimensões com capacidade adaptativa baixa são as de Recursos econômicos (0,25), Recursos de infraestrutura (0), Recursos Agrícolas (0) e Recursos Ambientais (0), refletindo as maiores limitações do AF3 diante dos desafios enfrentados. A dimensão de Recursos humanos foi a única avaliada com alta capacidade adaptativa (1).

4.2.4 Agroecossistema familiar 4 (AF4)

O Agroecossistema familiar 4 (AF4) é composto por seis membros, sendo um homem, uma mulher e quatro crianças (dois meninos e duas meninas) e está localizada no Assentamento Patrícia e Aparecida em uma parcela de 6 ha. A segurança alimentar da família é considerada razoável pelo entrevistado. A escassez de água e as secas prolongadas têm afetado diretamente a produtividade agrícola, dificultando o desenvolvimento de cultivos como alface, cheiro-verde e cenoura. A renda da família provém majoritariamente da agricultura, mas a mulher trabalha

como diarista, contribuindo com uma fonte de renda extra, porém, esporádica. Duas pessoas participam do trabalho agrícola (homem e mulher). Em termos de alfabetização, o homem não é alfabetizado, a mulher sim, e os filhos estão regularmente matriculados na escola, em processo de alfabetização.

Além disso, a residência não conta com bens domésticos suficientes, e a renda mensal varia entre um e dois salários mínimos. A comercialização da produção agrícola ocorre por meio de encomendas feitas por atravessadores, que posteriormente revendem os produtos em feiras. O agricultor também faz entregas esporádicas em mercados. Ele tem uma participação ativa na Cooperativa dos Cooperadores do Assentamento Patrícia e Aparecida da Agricultura Familiar (CDCAPAAF), onde atua como vice-presidente.

Apesar do envolvimento na cooperativa, a família não tem acesso a fundos governamentais que poderiam ajudar em momentos de crises climáticas. As condições de saneamento são precárias, pois não há acesso à rede de esgoto, nem fossa séptica. A família utiliza água do poço artesianos. Em relação à infraestrutura elétrica e conectividade, a energia é considerada boa, mas a internet é razoável.

O AF4 está inserido em uma região savânica e dedica-se a uma ampla diversidade de cultivos, como, maracujá, cenoura, beterraba, cebolinha verde, coentro, salsa, repolho, couve e acerola, além de possuir 1 ha de vegetação nativa dentro da área. O acesso a programas de incentivo à agricultura é limitado. A família participa do Programa de Aquisição de Alimentos (PAA), mas enfrentou dificuldades, pois em 2024 os recursos não foram entregues a tempo, o que comprometeu a venda da produção. Já a irrigação cobre apenas 0,5 ha da área total cultivada. Para melhorar a fertilidade do solo, são utilizados adubos como cama de frango e fertilizantes químicos (não detalhados pelo entrevistado), principalmente na plantação de maracujá.

A família adota estratégias para minimizar os impactos da seca, controlando os horários de irrigação para evitar desperdício e garantir que todos os cultivos recebam água suficiente, mas sem apoio técnico e medidas planejadas e estruturadas de enfrentamento à seca. De acordo com o entrevistado: “algumas plantas exigem mais água, tenho que tá tabelando os horários certinho pra não molhar muito só um lugar e eu controlo assim. Diminuiu bastante a água, né? A gente tem um horário de ligar a bomba e desligar pra manter os tanques cheios e não faltar água” (Entrevista AF4, 2024). Além disso, relatam que ao longo dos anos o nível de água disponível tem diminuído, o que compromete a produção.

Nesse contexto, os resultados do que se refere à sensibilidade e à capacidade adaptativa frente ao perigo da seca, estão apresentados a seguir. O AF4 possui um valor de alta

sensibilidade (0,80) e moderada capacidade adaptativa (0,38), o que resultou em um índice de vulnerabilidade final classificado como moderado (0,42), conforme demonstrado nas Tabelas 8 e 9 abaixo.

Tabela 8 - Valores atribuídos aos Indicadores - AF4

Componentes de vulnerabilidade	Indicadores	Valor atribuído a cada indicador
Sensibilidade	Nº de idosos e crianças	1
	Acesso a alimentos de qualidade e em quantidade suficiente	0,5
	Diversidade de renda	1
	Histórico de impactos da seca agrícola	1
	Uso e ocupação do solo	0,5
Capacidade Adaptativa	Taxa de participação no trabalho agrícola	1
	Taxa de alfabetização (com idade igual ou maior que 7 anos)	0,5
	Posse da terra	1
	Bens domésticos	0,5
	Renda mensal	0
	Canais de comercialização/ acesso a mercados	0,5
	Participação associativa	1
	Fundo de gestão de desastres	0
	Acesso a esgotamento sanitário	0
	Acesso a água potável segura	0
	Acesso à energia elétrica e internet	0,5
	Diversidade de cultivos	1
	Disponibilidade de seguros, investimentos e programas que protegem a produção agrícola	0,5
	Acesso a insumos e instrumentos de produção agrícola (Instalações de irrigação; acesso a fertilizantes e corretivos orgânicos para o solo)	0
	Estratégias locais para a redução de impactos na produtividade em secas prolongadas	0,5
	Presença de áreas nativas e protegidas	0

Fonte: Elaboração própria (2025).

Tabela 9 - Índice de vulnerabilidade à seca - AF4

Tabela 9 – Índice de vulnerabilidade a seca – AI 4					
Componentes de vulnerabilidade	Dimensões	Valor médio dimensões	Valor médio componentes	Índice de vulnerabilidade (S-CA)	
Sensibilidade	Perfil demográfico	1	0,80	0,42	
	Segurança alimentar	0,5			
	Pluriatividade	1			
	Perigo climático (seca)	1			
	Condições de uso e ocupação do solo	0,5			
Capacidade Adaptativa	Recursos humanos	0,75	0,38		
	Recursos econômicos	0,5			
	Recursos de infraestrutura	0,17			
	Recursos agrícolas	0,5			
	Recursos ambientais	0			

Fonte: Elaboração própria (2025).

Os indicadores avaliados com alta sensibilidade foram: Número de idosos e crianças, Diversidade de renda e Histórico de impactos da seca agrícola. O indicador da dimensão de Perfil demográfico (Número de idosos e crianças) recebeu essa classificação em função da composição familiar, formada por seis pessoas, das quais quatro (66,67%) são crianças. Considera-se que as crianças pertencem a um grupo social mais sensível, por demandarem maior cuidado e apresentarem menor autonomia diante de situações de risco (Cutter, Boruff e Shirley, 2003; Das *et al.*, 2020).

O indicador Diversidade de renda foi assim avaliado, pois a família possui uma fonte de renda, além da renda agrícola, porém não é uma renda fixa e regular. Já o Histórico de impactos da seca agrícola recebeu essa avaliação, pois segundo o entrevistado, “a seca afeta bastante o desenvolvimento dos cultivos” (Entrevista AF4, 2024), comprometendo a maior parte ou a totalidade das culturas. Compreender o histórico de impactos da seca agrícola é essencial, pois quanto mais severos são os danos causados por esses períodos de estiagem, entende-se que maior é a sensibilidade do sistema frente a esses eventos (Kim *et al.*, 2021).

Os demais indicadores de sensibilidade (Acesso regular e permanente a alimentos de qualidade e em quantidade suficiente e Uso e ocupação do solo), foram avaliados com sensibilidade moderada. O Acesso regular e permanente a alimentos de qualidade e em quantidade suficiente foi assim avaliado, em razão do relato do entrevistado, que apontou um acesso razoavelmente regular a alimentos em qualidade e quantidade adequadas, com limitações sazonais ou pontuais na qualidade e/ou quantidade de alimentos. O Uso e ocupação do solo, por sua vez, refere-se à localização da família em área de uso misto, composta por agricultura, pastagem e silvicultura, mas ainda com presença significativa de vegetação nativa conservada.

Nesse sentido, observa-se que todas as dimensões da sensibilidade apresentam algum grau de comprometimento, sendo mais acentuadas aquelas de Perfil demográfico (1), Pluriatividade (1) e Perigo climático (seca) (1), enquanto as dimensões de Segurança alimentar (0,5) e Condições de uso e ocupação do solo (0,5) apresentam sensibilidade moderada. Na sequência, são apresentados os resultados referentes à capacidade adaptativa e seus respectivos indicadores.

Dos dezesseis indicadores avaliados no componente de capacidade adaptativa, seis foram avaliados com o menor valor: Renda mensal; Fundo de gestão de desastres; Acesso a esgotamento sanitário; Acesso a água potável segura; Acesso a insumos e instrumentos de produção agrícola (Instalações de irrigação; acesso a fertilizantes e corretivos orgânicos para o solo); Presença de áreas nativas e protegidas. Dois dos indicadores da dimensão de recursos econômicos refletem limitações de acesso relevantes (Renda mensal e Fundo de gestão de desastres). A renda média mensal da família, utilizada como indicador para as condições de acesso a recursos básicos, é de até dois salários mínimos, o que evidencia restrições significativas de acesso a bens e serviços essenciais. O indicador Fundo de gestão de desastres também foi avaliado como mínimo, pois a família não possui acesso a nenhum tipo de fundo de gestão de desastres, recurso considerado fundamental para ações de resposta e recuperação frente a eventos climáticos extremos (Kim *et al.*, 2021).

A ausência de qualquer sistema de esgotamento sanitário e o consumo de água do poço sem qualquer tipo de tratamento ou proteção justifica as avaliações mínimas dos indicadores Acesso a esgotamento sanitário e Acesso a água potável segura. Quanto ao Acesso a insumos e instrumentos de produção agrícola, a nota mínima foi atribuída com base no fato de que apenas 0,5 ha (8,33%) dos 6 ha totais da parcela é irrigado, e o uso de fertilizantes orgânicos é limitado, havendo ainda aplicação de insumos químicos, como no cultivo de maracujá. O indicador Presença de áreas nativas e protegidas também recebeu nota mínima, já que apenas 1 ha

(16,67%) da área total da parcela é composta por vegetação nativa ou protegida, o que compromete os serviços ecossistêmicos e a resiliência ambiental do AF4.

Seis indicadores foram classificados com valor moderado, sendo eles: Taxa de alfabetização - com idade igual ou maior que 7 anos); Bens domésticos; Canais de comercialização/acesso a mercados; Acesso à energia elétrica e internet; Disponibilidade de seguros, investimentos e programas que protegem a produção agrícola; e Estratégias locais para a redução de impactos na produtividade em secas prolongadas. O indicador Taxa de alfabetização foi assim avaliado porque 50% dos membros da família com idade superior a sete anos são alfabetizados, enquanto aqueles com até sete anos estão em processo de alfabetização. Já o indicador Bens domésticos também obteve valor moderado, pois a família dispõe de parte dos bens domésticos básicos em funcionamento, mas que ainda apresentam limitações quanto à variedade e à modernização.

O indicador Canais de comercialização/acesso a mercados foi avaliado como moderado, pois a comercialização é realizada por meio de vendas por encomendas para atravessadores que revendem em feiras, além de esporadicamente fazerem entregas para mercados, não possuindo canais diversos e fixos de comercialização. O indicador da dimensão de infraestrutura (Acesso à energia elétrica e internet) também foi classificado como moderado, pois a energia elétrica foi avaliada como boa, enquanto a internet como razoável.

Já no que diz respeito aos indicadores da dimensão de recursos agrícolas (Disponibilidade de seguros, investimentos e programas que protegem a produção agrícola e Estratégias locais para a redução de impactos na produtividade em secas prolongadas), a avaliação moderada se deve ao fato de a família já ter acessado o PAA em anos anteriores, mas de forma pontual e com dificuldades recentes para realizar entregas, como em 2024 por conta de problemas burocráticos. O entrevistado relatou ainda uma percepção de redução no volume de água disponível ao longo dos anos, o que motivou a adoção de estratégias emergenciais baseadas em experiências anteriores, como o racionamento da irrigação por cultura, tabelando os horários para irrigar cada uma.

Quatro indicadores receberam avaliação máxima, sendo eles: Posse da terra; Taxa de participação no trabalho agrícola; Participação associativa; e Diversidade de cultivos. Isso porque o AF4 possui Contrato de Concessão de Uso (CCU) devidamente registrado pela SEAGRI/DF e todos os membros aptos da família participam da produção agrícola. O entrevistado faz parte da Cooperativa dos cooperadores do Assentamento Patrícia e Aparecida da Agricultura Familiar (CDCAPAAF) e exerce o cargo de vice presidente, promovendo

articulações políticas e institucionais. Além disso, a diversidade de cultivos é ampla, incluindo maracujá, cenoura, beterraba, cebolinha verde, coentro, salsa, repolho, couve e acerola, o que contribui para a resiliência do sistema produtivo.

Dessa forma, observa-se que as dimensões que apresentam baixa capacidade adaptativa são as de Recursos ambientais (0) e Recursos de infraestrutura (0,17), enquanto as dimensões de Recursos econômicos (0,5) e Recursos agrícolas (0,5) foram avaliadas com capacidade adaptativa moderada. Já a dimensão de Recursos humanos (0,75) apresentou alta capacidade adaptativa.

4.2.5 Agroecossistema Familiar 5 (AF5)

O Agroecossistema Familiar 5 (AF5) é composto por dois membros, sendo um homem e uma mulher, sem idosos ou crianças na residência. Estão localizados no Assentamento Patrícia e Aparecida. A família tem acesso regular e permanente a alimentos de qualidade, mas enfrenta desafios na produção devido à escassez de recursos financeiros para irrigação. A seca impacta significativamente a produtividade agrícola, pois a falta de equipamentos dificulta a irrigação, tornando inviável o cultivo em certas épocas do ano (Entrevista AF5, 2024).

Para complementar a renda, ambos realizam diárias esporadicamente em outros lugares, já que a produção agrícola não é suficiente para garantir o sustento integral da família. Apenas o homem trabalha diretamente na agricultura, e a alfabetização é limitada: a mulher estudou até a oitava série, enquanto o homem não é alfabetizado. Têm acesso a bens domésticos, segundo o entrevistado, mas ainda com limitações quanto à variedade e modernização. A renda mensal gira em torno de um salário mínimo. A produção é pequena e, por isso, não há comercialização no momento. A família faz parte da Cooperativa dos Cooperadores do Assentamento Patrícia e Aparecida da Agricultura Familiar (CDCAPAAF), buscando apoio e fortalecimento na agricultura familiar. Apesar disso, não possui acesso a fundos governamentais ou programas de apoio em caso de desastres climáticos.

As condições de infraestrutura são precárias. A casa não possui esgotamento sanitário nem fossa séptica. A água utilizada vem de uma cisterna, mas não é tratada. A energia elétrica da propriedade é "gateada", e a internet utilizada é via rádio, com conexão lenta. A diversidade de cultivos inclui quiabo, feijão, mandioca e couve, além da criação de galinhas e produção de ovos. Entretanto, a família não tem acesso a investimentos governamentais para melhorar a produção agrícola e enfrenta dificuldades para obter insumos. A irrigação cobre menos de 0,5 ha da propriedade, e são utilizados inseticidas, como "barrage" e "decis". O entrevistado destacou a dificuldade de acesso a insumos orgânicos por questões financeiras. Em relação à

adaptação às secas, a família não adota estratégias específicas para lidar com períodos prolongados de estiagem, afirmando que o que realmente falta são investimentos para tornar a produção viável. A propriedade não possui área de vegetação nativa protegida.

Diante desse cenário, os resultados do índice de vulnerabilidade e dos componentes de sensibilidade e capacidade adaptativa do AF5, estão apresentados a seguir. O AF5 possui um valor de sensibilidade moderada (0,50) e de capacidade adaptativa baixa (0,16), o que resultou em um índice de vulnerabilidade final classificado como moderado (0,34), conforme detalhado nas Tabelas 10 e 11 abaixo.

Tabela 10 - Valores atribuídos aos Indicadores – AF5

Componentes de vulnerabilidade	Indicadores	Valor atribuído a cada indicador
Sensibilidade	Nº de idosos e crianças	0
	Acesso a alimentos de qualidade e em quantidade suficiente	0
	Diversidade de renda	1
	Histórico de impactos da seca agrícola	1
	Uso e ocupação do solo	0,5
Capacidade Adaptativa	Taxa de participação no trabalho agrícola	0,5
	Taxa de alfabetização (com idade igual ou maior que 7 anos)	0,5
	Posse da terra	0
	Bens domésticos	0,5
	Renda mensal	0
	Canais de comercialização/ acesso a mercados	0
	Participação associativa	0,5
	Fundo de gestão de desastres	0
	Acesso a esgotamento sanitário	0
	Acesso a água potável segura	0
	Acesso à energia elétrica e internet	0
	Diversidade de cultivos	0,5
	Disponibilidade de seguros, investimentos e programas que protegem a produção agrícola	0
	Acesso a insumos e instrumentos de produção agrícola (Instalações de irrigação; acesso a fertilizantes e corretivos orgânicos para o solo)	0

Estratégias locais para a redução de impactos na produtividade em secas prolongadas	0
Presença de áreas nativas e protegidas	0

Fonte: Elaboração própria (2025).

Tabela 11 - Índice de vulnerabilidade à seca - AF5

Componentes de vulnerabilidade	Dimensões	Valor médio dimensões	Valor médio componentes	Índice de vulnerabilidade (S-CA)
Sensibilidade	Perfil demográfico	0	0,50	0,34
	Segurança alimentar	0		
	Pluriatividade	1		
	Perigo climático (seca)	1		
	Condições de uso e ocupação do solo	0,5		
Capacidade Adaptativa	Recursos humanos	0,5	0,16	
	Recursos econômicos	0,17		
	Recursos de infraestrutura	0		
	Recursos agrícolas	0,13		
	Recursos ambientais	0		

Fonte: Elaboração própria (2025).

Dois dos cinco indicadores avaliados no componente de sensibilidade foram classificados com valor máximo, sendo eles: Diversidade de renda e Histórico de impactos da seca agrícola. Essa avaliação se justifica, pois a família possui apenas uma fonte de renda, proveniente de diárias realizadas em outras casas, já que por conta da baixa produtividade agrícola, não conseguem comercializar no momento. Além disso, o entrevistado relatou que a seca afeta muito a sua produção, provocando impactos severos nas culturas agrícolas.

O indicador classificado como de sensibilidade moderada foi o Uso e ocupação do solo. Essa avaliação se refere à ocupação territorial em área de uso misto, com predomínio de agricultura, pastagens e silvicultura, mas mantendo ainda uma fração significativa de vegetação

nativa preservada. Por fim, os indicadores avaliados com baixa sensibilidade foram: Número de idosos e crianças e Acesso regular e permanente a alimentos de qualidade e em quantidade suficiente. Essas classificações refletem, respectivamente, o fato de não haver idosos ou crianças no domicílio, (a presença de pessoas nessas faixas etárias – até 12 anos e acima de 60 anos – aponta para maior sensibilidade já que pertencem a grupos sociais mais vulneráveis, por demandarem maior cuidado e apresentarem menor autonomia diante de situações de risco) (Cutter, Boruff e Shirley, 2003; Das *et al.*, 2020) e ter acesso a alimentos de qualidade e em quantidade suficiente, de acordo com o definido pela Lei nº 11.346/2006 (Sistema Nacional de Segurança Alimentar e Nutricional – SISAN) (Brasil, 2006).

Nesse contexto, observa-se que as dimensões com sensibilidade alta são Pluriatividade (1) e Perigo climático (seca) (1), enquanto a dimensão de Condições de uso e ocupação do solo (0,5) apresentou sensibilidade moderada. Já as dimensões de Perfil demográfico (0) e Segurança alimentar (0) foram classificadas com baixa sensibilidade, resultando em uma média final do componente de sensibilidade considerada moderada (0,5). A seguir, são apresentados os resultados da avaliação da capacidade adaptativa e seus respectivos indicadores.

Onze dos dezesseis indicadores analisados foram classificados com baixo valor de capacidade adaptativa. Dentre eles, quatro pertencem à dimensão de recursos econômicos: Posse da terra; Renda mensal; Canais de comercialização/ acesso a mercados; e Fundo de gestão de desastres. Essa avaliação se justifica, respectivamente, pelo fato de a família possuir vínculo territorial totalmente informal, sem qualquer documento ou reconhecimento da ocupação; apresentar renda média mensal de até um salário mínimo; não estar comercializando sua produção atualmente; e não ter acesso a fundos de gestão de desastres. Esse conjunto de condições indica uma limitação relevante de acesso a recursos fundamentais para a sustentação da capacidade adaptativa, tais como: o acesso a créditos, investimentos em infraestrutura e permanência produtiva, facilitados pela posse formal da terra (Das *et al.*, 2020); o aumento do potencial de recuperação após desastres climáticos, proporcional ao capital econômico (Das *et al.*, 2020; Sharma e Ravindranath, 2019; Unger *et al.*, 2011); diversificação dos canais de comercialização, que proporciona maior estabilidade financeira; e o acesso a fundos governamentais, que possibilitam ações de resposta e recuperação frente a eventos extremos, fortalecendo a resiliência do sistema (Kim *et al.*, 2021).

Três indicadores da dimensão de recursos de infraestrutura também foram avaliados com baixa capacidade adaptativa: Acesso a esgotamento sanitário; Acesso a água potável segura; e Acesso à energia elétrica e internet. Esses resultados refletem o fato que a família não possui nenhum sistema de esgotamento sanitário, consome água da cisterna sem qualquer tipo

de tratamento ou proteção, e dispõe de energia elétrica e internet com qualidade insuficiente. Esses fatores são elementos limitantes de capacidade adaptativa, visto que o acesso a esgotamento sanitário, água potável, eletricidade, internet e infraestruturas é crucial para a capacidade do sistema de responder e se adaptar em condições de extremos climáticos (Cannon, Twigg e Rowell, 2003; Das *et al.*, 2020).

Na dimensão de recursos agrícolas, três indicadores foram avaliados com valor mínimo: Disponibilidade de seguros, investimentos e programas que protegem a produção agrícola; Acesso a insumos e instrumentos de produção agrícola - Instalações de irrigação; acesso a fertilizantes e corretivos orgânicos para o solo; e Estratégias locais para a redução de impactos na produtividade em secas prolongadas. Essa avaliação se deve à inexistência de acesso a seguros agrícolas, linhas de crédito, financiamentos ou programas de apoio à produção. Apenas 0,5 ha da área total é irrigada e há uso predominante de inseticidas, como "barrage" e "decis", por conta da dificuldade, relatada pelo entrevistado, em adquirir insumos orgânicos, devido às limitações financeiras. Além disso, a família não adota nenhuma estratégia de enfrentamento à secas prolongadas, pois, segundo o entrevistado “o que falta é investimento pra gente trabalhar” (Entrevista AF5, 2024).

O indicador Presença de áreas nativas e protegidas também recebeu valor 0, pois nenhuma fração da parcela total de 6,97 ha é de vegetação nativa ou protegida. Essa ausência reduz a capacidade do sistema de se regenerar e suportar pressões, já que a vegetação nativa auxilia na regulação do microclima, conservação da umidade do solo, proteção da biodiversidade e resistência aos distúrbios climáticos (Mancal *et al.*, 2016; Sharma e Ravindranath, 2019).

Os dois indicadores da dimensão de recursos humanos (Taxa de participação no trabalho agrícola e Taxa de alfabetização - com idade igual ou maior que 7 anos) foram classificados com capacidade adaptativa moderada. Isso porque 50% dos membros da família estão envolvidos com o trabalho agrícola e 50% são alfabetizados. A participação no trabalho agrícola está associada à capacidade adaptativa, pois, quanto maior o número de pessoas trabalhando no sistema agrícola, mais rapidamente ele se recupera de impactos climáticos adversos (Das *et al.*, 2020). A alfabetização, por sua vez, fortalece a compreensão de riscos, o acesso à informação e a tomada de decisões estratégicas (Brenkert e Malone, 2005; Das *et al.*, 2020; Sharma e Ravindranath, 2019).

Outros dois indicadores da dimensão de recursos econômicos, tiveram a avaliação de capacidade adaptativa moderada, sendo eles: Bens domésticos e Participação associativa. A família possui alguns bens domésticos essenciais em funcionamento, mas com limitações

quanto à variedade e à modernização. Além disso, participa da Cooperativa dos cooperadores do Assentamento Patrícia e Aparecida da Agricultura Familiar (CDCAPAAF), mas sem exercer papel de liderança. O indicador Diversidade de cultivos, por sua vez, também foi classificado como moderado, uma vez que a família cultiva quatro culturas agrícolas distintas (quiabo, feijão, mandioca e couve), além da criação de galinhas.

Portanto, observa-se que as dimensões com capacidade adaptativa baixa são: Recursos econômicos (0,17), Recursos de infraestrutura (0), Recursos agrícolas (0,13) e Recursos ambientais (0). Apenas a dimensão de Recursos humanos apresentou avaliação moderada (0,5). Nenhuma das dimensões avaliadas neste agroecossistema familiar foi classificada com alta capacidade adaptativa.

4.2.6 Agroecossistema familiar 6 (AF6)

O Agroecossistema familiar 6 (AF6) está localizado no Núcleo Rural Nova Betânia. A família é composta por quatro membros, sendo uma mulher e um homem idosos, e dois homens adultos e a parcela possui cerca de 2 ha. A entrevistada considera que a segurança alimentar da família é garantida, pois têm acesso a uma alimentação variada, incluindo verduras, carne, arroz e feijão, e fazem todas as refeições do dia. No entanto, a seca impacta diretamente a produção agrícola, pois a água disponível do poço é limitada, o que dificulta a manutenção dos cultivos no período de seca. Para evitar o risco de falta d'água para a casa, a família deixa de plantar determinadas culturas na estiagem. O AF6 está inserido em uma região onde predominam áreas de pastagem, formação campestre, formação florestal e área urbanizada.

A renda da família provém da agricultura, além do salário de um dos membros que trabalha na empresa Kibon e de duas aposentadorias recebidas pelos pais. Duas pessoas trabalham na produção agrícola, e todos os membros da família são alfabetizados.

A moradia possui alguns bens domésticos essenciais em estado funcional, mas ainda com limitações quanto à variedade e à modernização, e a renda média mensal é de em torno de quatro salários mínimos. A comercialização da produção já foi feita em feiras, mas atualmente ocorre diretamente em mercados. A família participa de uma associação, mas não tem acesso a fundos governamentais.

As condições de infraestrutura ainda apresentam desafios. A casa não possui esgotamento sanitário nem rede de esgoto, utilizando uma fossa séptica. A água para consumo precisa ser comprada, enquanto a água do poço é utilizada para banho. Já o acesso à energia elétrica e internet funciona bem, sem dificuldades relatadas.

A produção agrícola da família inclui mandioca e alface, sendo que a alface é cultivada apenas para consumo próprio. Não há irrigação na propriedade, e são utilizados fertilizantes orgânicos. Em relação à adaptação às secas, a estratégia adotada pela família é reduzir a produção durante períodos de estiagem.

Diante desse cenário, os resultados do índice de vulnerabilidade e dos componentes de sensibilidade e capacidade adaptativa do AF6 estão apresentados a seguir. O agroecossistema familiar apresenta um valor de sensibilidade moderada (0,50) e uma capacidade adaptativa também moderada (0,38), o que resultou em um índice de vulnerabilidade final baixo (0,12), conforme demonstrado nas Tabelas 12 e 13. Esse resultado indica que, apesar da existência de alguns fatores de sensibilidade, a capacidade adaptativa da família tem diminuído os impactos potenciais da seca, reduzindo seu grau de vulnerabilidade no contexto analisado.

Tabela 12 - Valores atribuídos aos Indicadores – AF6

Componentes de vulnerabilidade	Indicadores	Valor atribuído a cada indicador
Sensibilidade	Nº de idosos e crianças	0,5
	Acesso a alimentos de qualidade e em quantidade suficiente	0
	Diversidade de renda	0
	Histórico de impactos da seca agrícola	1
	Uso e ocupação do solo	1
Capacidade Adaptativa	Taxa de participação no trabalho agrícola	0,5
	Taxa de alfabetização (com idade igual ou maior que 7 anos)	1
	Posse da terra	1
	Bens domésticos	0,5
	Renda mensal	0,5
	Canais de comercialização/ acesso a mercados	0,5
	Participação associativa	0,5
	Fundo de gestão de desastres	0
	Acesso a esgotamento sanitário	0,5
	Acesso a água potável segura	0,5
	Acesso à energia elétrica e internet	1
	Diversidade de cultivos	0
	Disponibilidade de seguros, investimentos e programas que protegem a produção agrícola	0

Acesso a insumos e instrumentos de produção agrícola (Instalações de irrigação; acesso a fertilizantes e corretivos orgânicos para o solo)	0
Estratégias locais para a redução de impactos na produtividade em secas prolongadas	0
Presença de áreas nativas e protegidas	0

Fonte: Elaboração própria (2025).

Tabela 13 - Índice de vulnerabilidade à seca - AF6

Tabela 15 – Índice de Vulnerabilidade à Seca – Rio				
Componentes de vulnerabilidade	Dimensões	Valor médio dimensões	Valor médio componentes	Índice de vulnerabilidade (S-CA)
Sensibilidade	Perfil demográfico	0,5	0,50	0,12
	Segurança alimentar	0		
	Pluriatividade	0		
	Perigo climático (seca)	1		
	Condições de uso e ocupação do solo	1		
Capacidade Adaptativa	Recursos humanos	0,75	0,38	
	Recursos econômicos	0,5		
	Recursos de infraestrutura	0,67		
	Recursos agrícolas	0		
	Recursos ambientais	0		

Fonte: Elaboração própria (2025).

Dois dos cinco indicadores analisados foram classificados com alta sensibilidade: Histórico de impactos da seca agrícola e Uso e ocupação do solo. O Histórico de impactos da seca agrícola recebeu essa avaliação com base no relato da entrevistada, que afirmou que a seca prejudica severamente a produção agrícola. Segundo ela:

“a água que a gente usa aqui é pouca, que vem do poço né? Ai fica bem fraquinha. Esse ano mesmo foi muito seco, quase que falta, mas não chegou a faltar pra consumo de casa não, mas pras plantas sim, a gente deixa de plantar alguma coisa por causa da água. A gente não pode mexer com a horta no tempo da seca, porque se a gente

exagerar vai faltar pra casa, ai a gente não planta hortaliça não.” (Entrevista AF6, 2024).

Essa realidade evidencia uma alta sensibilidade agrícola aos períodos da seca, marcada pela limitação de disponibilidade hídrica. Quanto ao Uso e ocupação do solo, a alta sensibilidade está relacionada à intensa fragmentação da vegetação nativa, provocada pela presença de mosaico de usos, áreas urbanizadas e áreas de pastagem. Essa composição de uso e ocupação reduz a capacidade de infiltração da água no solo e compromete a manutenção da umidade, aumentando a sensibilidade frente aos efeitos adversos da seca (Altieri, 2004; FAO, 2015).

O indicador Número de idosos e crianças recebeu avaliação de sensibilidade moderada. Isso se deve ao fato de o domicílio possuir dois idosos, o que corresponde a 50% da composição familiar. Idosos, por serem um grupo social com maior necessidade de cuidados e menor autonomia em situações de risco, apresentam maior sensibilidade (Cutter, Boruff e Shirley, 2003; Das *et al.*, 2020).

Já os indicadores Acesso regular e permanente a alimentos de qualidade e em quantidade suficiente e Diversidade de renda foram avaliados como de sensibilidade baixa. Isso porque a entrevistada considera que a família tem acesso regular e permanente a alimentos com qualidade nutricional e em quantidade suficiente, afirmando que fazem todas as refeições do dia; além disso, a família possui quatro fontes distintas e regulares de renda, advindas da venda dos produtos agrícolas, do trabalho de um dos filhos na empresa kibon e de duas aposentadorias recebidas pelos pais.

Dessa forma, as dimensões identificadas como de sensibilidade alta foram Perigo climático (seca) (1) e Condições de uso e ocupação do solo (1), enquanto a dimensão de Perfil demográfico (0,5) obteve classificação de sensibilidade moderada e as dimensões de Segurança alimentar (0) e Pluriatividade (0) foram avaliadas com sensibilidade baixa. A seguir, são apresentados os resultados do componente de capacidade adaptativa e seus respectivos indicadores.

Seis dos dezesseis indicadores de capacidade adaptativa analisados foram classificados com baixo desempenho (0), sendo eles: Fundo de gestão de desastres; Diversidade de cultivos; Disponibilidade de seguros, investimentos e programas que protegem a produção agrícola; Acesso a insumos e instrumentos de produção agrícola - Instalações de irrigação; acesso a fertilizantes e corretivos orgânicos para o solo; Estratégias locais para a redução de impactos na produtividade em secas prolongadas; Presença de áreas nativas e protegidas. O Fundo de gestão de desastres foi assim avaliado pela ausência de acesso a fundos de gestão de desastres.

Todos os indicadores da dimensão de recursos agrícolas (Diversidade de cultivos; Disponibilidade de seguros, investimentos e programas que protegem a produção agrícola; Acesso a insumos e instrumentos de produção agrícola; e Estratégias locais para a redução de impactos na produtividade em secas prolongadas) também receberam avaliação mínima, pois a produção agrícola da família se restringe a apenas duas culturas (mandioca e alface), não há acesso a qualquer tipo de seguro agrícola, linha de crédito, financiamento ou programa de apoio à produção, nenhuma área da propriedade é irrigada, e não existem estratégias locais de enfrentamento à seca. Esse cenário evidencia uma limitação expressiva de acesso a recursos agrícolas fundamentais para garantir a proteção e a continuidade da produção, o que compromete a capacidade adaptativa da família frente a eventos climáticos extremos. A diversidade de cultivos, o acesso a seguros, irrigação, insumos orgânicos e estratégias de resposta à seca são fatores que fortalecem a capacidade adaptativa, pois aumentam a resiliência produtiva, reduzem a vulnerabilidade econômica e agrícola e permitem maior autonomia e estabilidade diante de períodos críticos de escassez hídrica (Das *et al.*, 2020; Sharma e Ravindranath, 2019).

O indicador Presença de áreas nativas e protegidas também foi classificado com capacidade adaptativa baixa, pois, dos 2 ha da propriedade, nenhum é coberto por vegetação nativa ou protegida, diminuindo a capacidade do sistema de se regenerar e suportar pressões (Mancal *et al.*, 2016; Sharma e Ravindranath, 2019).

Sete indicadores foram classificados com capacidade adaptativa moderada (0,5). O indicador Taxa de participação no trabalho agrícola recebeu essa avaliação porque 50% dos membros da família estão envolvidos no trabalho agrícola. Dentre esses sete, quatro pertencem à dimensão de recursos econômicos: Bens domésticos; Renda mensal; Canais de comercialização/ acesso a mercados; e Participação associativa. Essa classificação se justifica pelo fato de que a residência possui alguns bens domésticos essenciais em estado funcional, mas ainda com limitações de variedade e modernização; a renda média mensal é de aproximadamente quatro salários mínimos; comercializa a produção esporadicamente para mercados; e a família participa da associação de produtores do Núcleo Rural Nova Betânia (a entrevistada não informou o nome da associação), mas sem exercer cargos de liderança. Esse contexto indica um acesso moderado a recursos econômicos relevantes para o aumento da capacidade adaptativa da família.

Os outros dois indicadores de capacidade adaptativa moderada integram a dimensão de recursos de infraestrutura: Acesso a esgotamento sanitário e Acesso a água potável segura. Essa classificação se deu pelo relato da entrevistada de que a família utiliza fossa séptica, e não têm

acesso à água potável diretamente do sistema formal de tratamento, porém, compram água para beber e utilizam água do poço para o banho.

Por fim, três indicadores foram classificados com capacidade adaptativa alta: Taxa de alfabetização - com idade igual ou maior que 7 anos; Posse da terra); e Acesso à energia elétrica e internet. Todos os membros da família são alfabetizados, o que potencializa o acesso à informação, a compreensão dos riscos e a capacidade de tomar decisões estratégicas em contextos adversos (Brenkert e Malone, 2005; Das *et al.*, 2020; Sharma e Ravindranath, 2019). A família possui Contrato de Concessão de Uso (CCU) devidamente registrado pela SEAGRI/DF. A entrevistada considera a energia elétrica e a internet como satisfatórias para as necessidades da família.

Portanto, observa-se que as dimensões com capacidade adaptativa baixa neste agroecossistema familiar são Recursos agrícolas (0) e Recursos ambientais (0); a dimensão com capacidade adaptativa moderada é a de Recursos econômicos (0,5), enquanto as dimensões que mais contribuem positivamente para o AF6, com capacidade adaptativa alta, são Recursos humanos (0,75) e Recursos de infraestrutura (0,67).

4.2.7 Agroecossistema familiar 7 (AF7)

O Agroecossistema familiar 7 (AF7) está localizado no Núcleo Rural Nova Betânia. A família é composta por três pessoas, sendo uma mulher, um homem e uma criança de dois anos, sem idosos na residência. A segurança alimentar é um desafio constante, pois, segundo o entrevistado, "a gente luta para não passar necessidade, mas é corrido, é sofrido" (Entrevista AF7, 2024). A família mantém a produção agrícola para complementar sua alimentação e renda. O homem está em pluriatividade, realizando diárias esporádicas como ajudante de eletricista. Todos os membros adultos participam do trabalho agrícola e são alfabetizados. No entanto, não possuem título de posse da terra, nem qualquer documento ou reconhecimento legal da ocupação, o que os deixa em situação de insegurança fundiária.

A produção agrícola é prejudicada pela seca, exigindo estratégias para minimizar as perdas. O agricultor relatou que, durante o período seco, cultivava apenas capiaçu, pois era o único que resistia às condições climáticas adversas. A família possui alguns bens domésticos essenciais em estado funcional, mas ainda com limitações quanto à variedade e à modernização e a renda mensal está entre um e dois salários mínimos. A comercialização da produção ocorre em feiras locais, onde vendem mandioca e farinha. A família participa de associações não detalhadas pelo entrevistado, buscando apoio para a agricultura familiar. No entanto, não possui

acesso a fundos governamentais que poderiam ajudá-los em períodos de dificuldades climáticas.

As condições de infraestrutura da residência são precárias. Não há acesso à rede de esgoto, sendo utilizada uma fossa séptica. A água consumida é do poço artesiano, o que pode limitar a disponibilidade em períodos de seca. A energia elétrica não é estável, e o acesso à internet é feito por meio de dados móveis.

A produção agrícola da família inclui milho, feijão, mandioca e capiaçu. Entretanto, não têm acesso a investimentos governamentais para melhorar a produção agrícola. Não possuem irrigação na propriedade e utilizam calcário para corrigir o solo degradado pelo pinheiro, presente na área antes da chegada da família, além de esterco de galinha como fertilizante agrícola. Para lidar com a seca, a estratégia adotada é manter a terra livre de plantio durante o período de estiagem. O agricultor relatou que, antes da chuva, prepara o solo aplicando calcário para garantir melhores condições de cultivo quando o período chuvoso se inicia.

A parcela tem 2 ha de área total, mas não possui área nativa preservada. Quando chegaram ao local, a área era totalmente degradada devido ao plantio de pinheiros, e só recentemente algumas espécies nativas começaram a nascer, como cagaita e paineira do Cerrado.

Nesse contexto, os resultados do índice de vulnerabilidade do AF7 estão apresentados a seguir. A unidade familiar apresenta um valor de sensibilidade classificado como alto (0,80) e uma capacidade adaptativa baixa (0,33), resultando em um índice final de vulnerabilidade moderado (0,47), conforme demonstrado nas Tabelas 14 e 15.

Tabela 14 - Valores atribuídos aos Indicadores – AF7

Componentes de vulnerabilidade	Indicadores	Valor atribuído a cada indicador
Sensibilidade	Nº de idosos e crianças	0,5
	Acesso a alimentos de qualidade e em quantidade suficiente	0,5
	Diversidade de renda	1
	Histórico de impactos da seca agrícola	1
	Uso e ocupação do solo	1
Capacidade Adaptativa	Taxa de participação no trabalho agrícola	1
	Taxa de alfabetização (com idade igual ou maior que 7 anos)	1
	Posse da terra	0
	Bens domésticos	0,5
	Renda mensal	0

Canais de comercialização/ acesso a mercados	0,5
Participação associativa	0,5
Fundo de gestão de desastres	0
Acesso a esgotamento sanitário	0,5
Acesso a água potável segura	0
Acesso à energia elétrica e internet	0
Diversidade de cultivos	0,5
Disponibilidade de seguros, investimentos e programas que protegem a produção agrícola	0
Acesso a insumos e instrumentos de produção agrícola (Instalações de irrigação; acesso a fertilizantes e corretivos orgânicos para o solo)	0
Estratégias locais para a redução de impactos na produtividade em secas prolongadas	0,5
Presença de áreas nativas e protegidas	0

Fonte: Elaboração própria (2025).

Tabela 15 - Índice de vulnerabilidade à seca – AF7

Componentes de vulnerabilidade	Dimensões	Valor médio dimensões	Valor médio componentes	Índice de vulnerabilidade (S-CA)
Sensibilidade	Perfil demográfico	0,5	0,80	0,47
	Segurança alimentar	0,5		
	Pluriatividade	1		
	Perigo climático (seca)	1		
	Condições de uso e ocupação do solo	1		
Capacidade Adaptativa	Recursos humanos	1	0,33	
	Recursos econômicos	0,25		
	Recursos de infraestrutura	0,17		
	Recursos agrícolas	0,25		

Recursos ambientais	0	
---------------------	---	--

Fonte: Elaboração própria (2025).

Os indicadores classificados com sensibilidade alta são: Diversidade de renda; Histórico de impactos da seca agrícola; e Uso e ocupação do solo. No indicador Diversidade de renda, o entrevistado declarou possuir uma fonte de renda, além da comercialização de produtos agrícolas, através da realização de diárias como eletricitista, mas que não é uma renda fixa e regular. O Histórico de impactos da seca agrícola foi assim classificado, em função do relato do entrevistado, que afirmou que a seca tem causado impactos severos na produção agrícola, comprometendo a maioria ou a totalidade das culturas. Já o Uso e ocupação do solo foi avaliado com valor máximo devido à intensa fragmentação da vegetação nativa na parcela e seu entorno, causada pela presença de mosaico de usos, áreas urbanizadas e pastagens. Essa configuração reduz a capacidade de infiltração da água no solo e compromete a manutenção da umidade, aumentando a sensibilidade frente aos efeitos adversos da seca (Altieri, 2004; FAO, 2015).

Os indicadores classificados como de sensibilidade moderada foram: Número de idosos e crianças e Acesso regular e permanente a alimentos de qualidade e em quantidade suficiente. O Número de idosos e crianças recebeu essa classificação porque 33,33% da família é composta por crianças, grupo social que demanda maiores cuidados e apresenta menor autonomia em situações de risco (Cutter, Boruff e Shirley, 2003; Das *et al.*, 2020); o Acesso regular e permanente a alimentos de qualidade e em quantidade suficiente foi avaliado como moderado diante do relato do entrevistado de que a família tem acesso com limitações sazonais ou pontuais na qualidade e/ou quantidade de alimentos. Essa condição aumenta a sensibilidade diante de perigos/eventos climáticos extremos, já que a insegurança alimentar compromete a saúde e a resiliência das famílias (Nguyen, 2015; Das *et al.*, 2020).

Nesse contexto, as dimensões com sensibilidade alta foram Pluriatividade (1), Perigo climático (seca) (1) e Condições de uso e ocupação do solo (1), enquanto as dimensões de Perfil demográfico (0,5) e Segurança alimentar (0,5) apresentaram sensibilidade moderada. A seguir, são apresentados os resultados da avaliação da capacidade adaptativa e seus respectivos indicadores.

Oito dos indicadores de capacidade adaptativa avaliados foram classificados como baixos: Posse da terra; Renda mensal; Fundo de gestão de desastres; Acesso a água potável segura; Acesso à energia elétrica e internet; Disponibilidade de seguros, investimentos e programas que protegem a produção agrícola; Acesso a insumos e instrumentos de produção

agrícola - Instalações de irrigação; acesso a fertilizantes e corretivos orgânicos para o solo; e Presença de áreas nativas e protegidas. No que se refere aos indicadores da dimensão de recursos econômicos (Posse da terra; Renda mensal; e Fundo de gestão de desastres), a avaliação mínima se justifica pelo fato de a família possuir vínculo territorial totalmente informal, sem qualquer documento ou reconhecimento legal da ocupação; ter renda média mensal de até dois salários mínimos; e não acessar nenhum tipo de fundo de gestão de desastres. Esses fatores representam restrições econômicas significativas, pois dificultam o acesso a créditos, investimentos e políticas públicas, comprometendo a permanência produtiva e a adoção de medidas adaptativas (Das *et al.*, 2020; Kim *et al.*, 2021; Sharma e Ravindranath, 2019; Unger *et al.*, 2011). Esses fatores reduzem a capacidade de adaptação da família frente aos impactos da seca, ampliando sua vulnerabilidade climática.

O consumo de água de poço sem qualquer tipo de tratamento ou proteção e o relato de que o acesso à energia elétrica é precário e a internet é limitada, sendo utilizada apenas por meio de dados móveis, são fatores que justificam a avaliação mínima dos indicadores Acesso a água potável segura e Acesso à energia elétrica e internet. Já os indicadores da dimensão de recursos agrícolas (Disponibilidade de seguros, investimentos e programas que protegem a produção agrícola e Acesso a insumos e instrumentos de produção agrícola), foram classificados com valor baixo porque a família não tem acesso a nenhum tipo de seguro agrícola, linha de crédito, financiamento ou programa de apoio à produção. Além disso, não possui sistema de irrigação e tem acesso limitado à insumos orgânicos, utilizando apenas calcário como corretivo pro solo degradado e esterco de galinha como fertilizante. A ausência de acesso a seguros agrícolas, financiamentos e irrigação limita a capacidade adaptativa da família, pois compromete a continuidade da produção e a adoção de estratégias de adaptação (Das *et al.*, 2020; Sharma e Ravindranath, 2019).

O indicador Presença de áreas nativas e protegidas, da dimensão de recursos ambientais, também recebeu avaliação mínima. Dos 2 ha de área total da propriedade, nenhum corresponde à vegetação nativa ou protegida. Segundo o entrevistado, a área já era degradada quando chegaram, resultado da plantação de pinheiros que havia ali anteriormente. Atualmente começaram a nascer pés de cagaita e paineira do Cerrado, e segundo ele, "não tem nenhum pé de árvore ai, o que tem é a gente que planta", porém, ainda não há cobertura vegetal significativa.

Seis indicadores foram classificados como de capacidade adaptativa moderada: Bens domésticos; Canais de comercialização/acesso a mercados; Participação associativa; Acesso a esgotamento sanitário; Diversidade de cultivos; Estratégias locais para a redução de impactos

na produtividade em secas prolongadas. Três desses (Bens domésticos; Canais de comercialização/acesso a mercados; Participação associativa) pertencem à dimensão de recursos econômicos e foram assim avaliados pois a família possui alguns bens domésticos essenciais em estado funcional, mas ainda com limitações de variedade e modernização; tem como único canal de comercialização a venda de mandioca e farinha em feira; e participa de associação (não detalhada pelo entrevistado), porém sem exercer cargo de liderança. O indicador Acesso a esgotamento sanitário, da dimensão de recursos de infraestrutura, foi avaliado como moderado visto que a família utiliza fossa séptica como sistema de saneamento.

Na dimensão de recursos agrícolas, o Diversidade de cultivos foi assim avaliado porque a família cultiva quatro culturas diferentes (milho, feijão, mandioca e capiaçu), e o indicador Estratégias locais para a redução de impactos na produtividade em secas prolongadas, por adotar estratégias emergenciais com base em experiências passadas, como a redução da produção e o uso de calcário para recuperação do solo, ações que, embora importantes, ainda não seguem um planejamento contínuo e estruturado.

Os indicadores classificados como de capacidade adaptativa alta foram: Taxa de participação no trabalho agrícola e Taxa de alfabetização - com idade igual ou maior que 7 anos. Isso porque todos os membros aptos da família participam das atividades agrícolas e todos acima de sete anos são alfabetizados. A presença de mais pessoas engajadas no trabalho agrícola acelera a recuperação da produção frente aos impactos climáticos; a alfabetização amplia o acesso à informação e favorece decisões estratégicas em contextos de risco.

Dessa forma, observa-se que as dimensões com capacidade adaptativa baixa foram: Recursos econômicos (0,25), Recursos de infraestrutura (0,17), Recursos agrícolas (0,25) e Recursos ambientais (0). A única com avaliação alta foi a dimensão de Recursos humanos (1).

4.2.8 Agroecossistema familiar 8 (AF8)

Tendo em vista o contexto do AF8, os resultados do índice de vulnerabilidade estão apresentados a seguir (Tabelas 16 e 17). O agroecossistema apresenta um valor de sensibilidade moderado (0,50) e uma capacidade adaptativa também moderada (0,52), o que resultou em um índice final de vulnerabilidade igual a zero. Isso porque, nos casos em que a capacidade adaptativa supera a sensibilidade, os valores negativos do índice são ajustados para zero, a fim de manter a coerência interpretativa e respeitar a escala normalizada do índice de vulnerabilidade [0–1]. Esse resultado indica que, apesar da presença de alguns fatores sensíveis, a capacidade adaptativa da família tem sido suficiente para “neutralizar” os impactos potenciais, conferindo um cenário de baixa vulnerabilidade no contexto analisado.

Tabela 16 - Valores atribuídos aos Indicadores – AF8

Componentes de vulnerabilidade	Indicadores	Valor atribuído a cada indicador
Sensibilidade	Nº de idosos e crianças	0
	Acesso a alimentos de qualidade e em quantidade suficiente	0
	Diversidade de renda	1
	Histórico de impactos da seca agrícola	1
	Uso e ocupação do solo	0,5
Capacidade Adaptativa	Taxa de participação no trabalho agrícola	1
	Taxa de alfabetização (com idade igual ou maior que 7 anos)	1
	Posse da terra	0
	Bens domésticos	1
	Renda mensal	0
	Canais de comercialização/ acesso a mercados	0,5
	Participação associativa	0,5
	Fundo de gestão de desastres	0
	Acesso a esgotamento sanitário	0,5
	Acesso a água potável segura	0
	Acesso à energia elétrica e internet	1
	Diversidade de cultivos	0
	Disponibilidade de seguros, investimentos e programas que protegem a produção agrícola	0,5
	Acesso a insumos e instrumentos de produção agrícola (Instalações de irrigação; acesso a fertilizantes e corretivos orgânicos para o solo)	0
	Estratégias locais para a redução de impactos na produtividade em secas prolongadas	0,5
	Presença de áreas nativas e protegidas	0,5

Fonte: Elaboração própria (2025).

Tabela 17 - Índice de vulnerabilidade à seca – AF8

Componentes de vulnerabilidade	Dimensões	Valor médio dimensões	Valor médio componentes	Índice de vulnerabilidade (S-CA)
Sensibilidade	Perfil demográfico	0	0,50	0
	Segurança alimentar	0		
	Pluriatividade	1		

	Perigo climático (seca)	1	
	Condições de uso e ocupação do solo	0,5	
Capacidade Adaptativa	Recursos humanos	1	
	Recursos econômicos	0,33	
	Recursos de infraestrutura	0,5	0,52
	Recursos agrícolas	0,25	
	Recursos ambientais	0,5	

Fonte: Elaboração própria (2025).

Dois indicadores foram avaliados com sensibilidade alta. O Histórico de impactos da seca agrícola recebeu essa classificação com base no relato do entrevistado, que afirmou que a seca tem causado impactos severos em sua produção:

"Esse ano (2024) eu perdi muita planta aqui por causa da seca, morreu muita que não era pra ter morrido e morreu. Morreu mais de cem pés de mamão por causa da seca; ele tava morrendo na madeira, secando na madeira; essa seca foi a pior. Planta que nunca morreu nessa região, igual o pequi que é uma planta do Cerrado, aqui morreu, eu tenho um pé ali morto; perdi dois pés de abacate produzindo." (Entrevista AF8, 2024).

Esse relato evidencia uma elevada sensibilidade da produção agrícola local frente à escassez hídrica. Quanto ao indicador Diversidade de renda, a avaliação de alta sensibilidade se deu pelo fato de a família possuir apenas uma fonte de renda para além da renda agropecuária (venda da carne de porco produzida na propriedade).

O indicador Uso e ocupação do solo foi classificado com sensibilidade moderada, pois o AF8 está localizado em uma área de uso misto, que combina pastagens, áreas agrícolas e regiões urbanizadas, mas que ainda mantém parcelas de vegetação nativa conservada. Já os indicadores Número de idosos e crianças e Acesso regular e permanente a alimentos de qualidade e em quantidade suficiente apresentaram sensibilidade baixa. Isso porque não há idosos ou crianças, faixas etárias que exigem maior cuidado e possuem menor autonomia em situações de risco. Quanto ao Acesso a alimentos de qualidade e em quantidade suficiente, o

entrevistado relatou que a família se alimenta da própria produção, tendo acesso regular e permanente a alimentos com qualidade nutricional e em quantidade suficiente. Isso reduz a sensibilidade a eventos climáticos, pois a insegurança alimentar agrava os efeitos de situações adversas ao fragilizar o sistema imunológico e limitar a resiliência social e econômica (Nguyen, 2015; Das *et al.*, 2020).

Portanto, observa-se que as dimensões com sensibilidade alta são Pluriatividade (1) e Perigo climático (seca) (1), enquanto a dimensão de Condições de uso e ocupação do solo (0,5) foi classificada com sensibilidade moderada. Já as dimensões de Perfil demográfico (0) e Segurança alimentar (0) apresentaram valores de sensibilidade baixa. A seguir, são apresentados os resultados da avaliação da capacidade adaptativa e seus respectivos indicadores.

Seis indicadores foram classificados com capacidade adaptativa baixa: Posse da terra; Renda mensal; Fundo de gestão de desastres; Acesso a água potável segura; Diversidade de cultivos; Acesso a insumos e instrumentos de produção agrícola - Instalações de irrigação; acesso a fertilizantes e corretivos orgânicos para o solo. Três desses indicadores pertencem à dimensão de recursos econômicos (Posse da terra; Renda mensal; Fundo de gestão de desastres), sendo assim avaliados porque a família possui vínculo territorial totalmente informal, sem qualquer documento ou reconhecimento legal da ocupação; apresenta renda média mensal de até dois salários mínimos; e não acessa nenhum tipo de fundo de gestão de desastres. Esses fatores representam restrições econômicas significativas, pois dificultam o acesso a créditos, investimentos e políticas públicas, comprometendo a permanência produtiva e a adoção de medidas adaptativas (Das *et al.*, 2020; Kim *et al.*, 2021; Sharma e Ravindranath, 2019; Unger *et al.*, 2011).

O indicador Acesso a água potável segura, da dimensão de recursos de infraestrutura, foi avaliado como de baixa capacidade adaptativa visto que consomem água do poço artesiano sem qualquer tipo de tratamento ou proteção. Os indicadores Diversidade de cultivos e Acesso a insumos e instrumentos de produção agrícola, da dimensão de recursos agrícolas, foram classificados com capacidade adaptativa baixa porque o agricultor atualmente cultiva apenas duas espécies frutíferas (mamão e pera), além da criação de suínos. Segundo ele, o calor prejudicou a produção de outras culturas. A avaliação do Acesso a insumos e instrumentos de produção agrícola se justifica pelo fato de a área produtiva não contar com sistema de irrigação, além de haver limitações no uso de fertilizantes orgânicos.

Seis indicadores foram classificados com capacidade adaptativa moderada: Canais de comercialização/acesso a mercados; Participação associativa; Acesso a esgotamento sanitário;

Disponibilidade de seguros, investimentos e programas que protegem a produção agrícola; Estratégias locais para a redução de impactos na produtividade em secas prolongadas; e Presença de áreas nativas e protegidas. Na dimensão de recursos econômicos, os indicadores Canais de comercialização/acesso a mercados e Participação associativa receberam essa avaliação porque a comercialização da produção ocorre apenas por meio da venda da carne de porco sob encomenda, e participam da Associação dos Produtores Rurais da Região das Cavas (CAVAS), porém sem exercer cargo de liderança.

Na dimensão de recursos de infraestrutura, o indicador Acesso a esgotamento sanitário foi avaliado como moderado, pois a família utiliza fossa séptica como sistema alternativo de saneamento. No que diz respeito à dimensão de recursos agrícolas, os indicadores Disponibilidade de seguros, investimentos e programas que protegem a produção agrícola e Estratégias locais para a redução de impactos na produtividade em secas prolongadas, receberam avaliação moderada porque a família já teve acesso ao PRONAF entre 2008 e 2014, utilizando o recurso para comercialização de verduras e criação de galinhas. No que tange as estratégias utilizadas para enfrentar períodos de estiagem prolongada, a família adota estratégias emergenciais baseadas em experiências anteriores, mas sem planejamento contínuo. Anteriormente, tentaram irrigar com mangueiras perfuradas, mas a alta temperatura da água prejudicava as lavouras. Atualmente, o agricultor adquiriu um gel que protege a planta por noventa dias sem chuva, e que segundo ele, "não contém veneno". O indicador Presença de áreas nativas e protegidas, relativo à dimensão de recursos ambientais, foi avaliado como moderado porque, dos 3 ha totais da propriedade, 1 ha (33,33%) é de vegetação nativa.

Quatro indicadores receberam avaliação de capacidade adaptativa alta: Taxa de participação no trabalho agrícola; Taxa de alfabetização - com idade igual ou maior que 7 anos; Bens domésticos; e Acesso à energia elétrica e internet. Os dois indicadores de recursos humanos (Taxa de participação no trabalho agrícola e Taxa de alfabetização), receberam essa avaliação porque todos os membros aptos da família participam da produção agrícola e todos são alfabetizados. A participação ativa no trabalho agrícola e a alfabetização dos membros da família são fatores que fortalecem a capacidade adaptativa, pois ampliam o engajamento produtivo, favorecem a recuperação frente a impactos climáticos e possibilitam melhor acesso à informação, compreensão de riscos e tomada de decisões estratégicas em contextos adversos (Brenkert e Malone, 2005; Das *et al.*, 2020; Sharma e Ravindranath, 2019).

O indicador Bens domésticos, da dimensão de recursos econômicos, recebeu essa avaliação pois a família possui ampla variedade de bens domésticos e eletrodomésticos, incluindo itens tecnológicos e de conforto, em bom estado. O indicador Acesso à energia

elétrica e internet, pertencente à dimensão de recursos de infraestrutura, foi avaliado com nota máxima com base no relato do entrevistado de que tanto a energia elétrica quanto a internet são muito satisfatórias.

Portanto, observou-se que as dimensões com capacidade adaptativa baixa foram Recursos econômicos (0,33) e Recursos agrícolas (0,25), enquanto Recursos ambientais (0,5) e Recursos de infraestrutura (0,5) apresentaram média moderada. Já a dimensão de Recursos humanos (1) apresentou alto potencial de capacidade adaptativa.

4.2.9 Agroecossistema familiar 9 (AF9)

O agricultor faz parte do Acampamento no Assentamento Carlos Marighella. O entrevistado é um homem idoso, que vive sozinho na sua parcela. Ele considera sua segurança alimentar razoável, pois possui limitações sazonais ou pontuais na qualidade e/ou quantidade de alimentos, por conta de limitações produtivas e financeiras. O acampamento onde reside tem uma cozinha comunitária, que, no entanto, só funciona em dias específicos de comemorações coletivas.

A sua principal fonte de renda vem da realização de diárias para outros agricultores, e no momento, não comercializa sua produção, devido às dificuldades de mão de obra para produzir, já que destina seu tempo para trabalhar em outros sistemas agrícolas que não o seu. Sua renda mensal é inferior a um salário mínimo, e ele não participa de associações ou cooperativas. Apesar da seca ser um grande problema para os demais agricultores entrevistados na região, ele afirma que não sente impactos de escassez hídrica, pois possui um poço artesiano e uma caixa d'água grande com 10 mil litros. Ele ressalta: "Água aqui nós somos ricos" (Entrevista AF9, 2024).

A infraestrutura da residência é bastante precária. Ele não possui esgotamento sanitário, utilizando uma fossa séptica. Não há acesso à rede de esgoto, e a moradia não dispõe de bens domésticos suficientes. O agricultor cultiva mandioca e milho e não possui irrigação, fazendo o preparo do solo arando a terra anualmente, utilizando adubo natural proveniente de esterco de vaca. Não tem acesso a programas de incentivo à produção agrícola.

Em relação à preservação ambiental, ele destaca que o assentamento possui uma ampla área de vegetação protegida. O morador observa que onças já foram avistadas na região, evidenciando a presença da fauna silvestre. Esse panorama revela que, apesar das dificuldades econômicas e estruturais, o agricultor possui segurança hídrica, o que o coloca em uma posição mais confortável em relação à seca.

Diante desse cenário, os resultados do índice de vulnerabilidade AF9 estão apresentados a seguir (Tabelas 18 e 19). A unidade familiar apresenta um valor de sensibilidade moderado (0,50) e uma capacidade adaptativa também moderada (0,38), o que resultou em um índice final de vulnerabilidade baixa (0,12).

Tabela 18 - Valores atribuídos aos Indicadores – AF9

Componentes de vulnerabilidade	Indicadores	Valor atribuído a cada indicador
Sensibilidade	Nº de idosos e crianças	1
	Acesso a alimentos de qualidade e em quantidade suficiente	0,5
	Diversidade de renda	1
	Histórico de impactos da seca agrícola	0
	Uso e ocupação do solo	0
Capacidade Adaptativa	Taxa de participação no trabalho agrícola	0
	Taxa de alfabetização (com idade igual ou maior que 7 anos)	1
	Posse da terra	0
	Bens domésticos	0,5
	Renda mensal	0
	Canais de comercialização/ acesso a mercados	0
	Participação associativa	0
	Fundo de gestão de desastres	0
	Acesso a esgotamento sanitário	0
	Acesso a água potável segura	0
	Acesso à energia elétrica e internet	1
	Diversidade de cultivos	0
	Disponibilidade de seguros, investimentos e programas que protegem a produção agrícola	0
	Acesso a insumos e instrumentos de produção agrícola (Instalações de irrigação; acesso a fertilizantes e corretivos orgânicos para o solo)	0
	Estratégias locais para a redução de impactos na produtividade em secas prolongadas	N/A
	Presença de áreas nativas e protegidas	1

Fonte: Elaboração própria (2025).

Tabela 19 - Índice de vulnerabilidade à seca – AF9

Componentes de vulnerabilidade	Dimensões	Valor médio dimensões	Valor médio componentes	Índice de vulnerabilidade (S-CA)
Sensibilidade	Perfil demográfico	1	0,50	0,12
	Segurança alimentar	0,5		

	Pluriatividade	1	
	Perigo climático (seca)	0	
	Condições de uso e ocupação do solo	0	
Capacidade Adaptativa	Recursos humanos	0,5	
	Recursos econômicos	0,08	
	Recursos de infraestrutura	0,33	0,38
	Recursos agrícolas	0	
	Recursos ambientais	1	

Fonte: Elaboração própria (2025).

Dois indicadores foram classificados com sensibilidade alta: Número de idosos e crianças e Diversidade de renda. Isso porque o único morador do domicílio é idoso, o que amplia sua sensibilidade (Cutter, Boruff e Shirley, 2003; Das *et al.*, 2020). Além disso, possui uma única fonte de renda, proveniente de diárias realizadas para outros agricultores.

Apenas um indicador foi avaliado com sensibilidade moderada (Acesso regular e permanente a alimentos de qualidade e em quantidade suficiente). O entrevistado relatou uma situação de segurança alimentar razoável, com limitações sazonais ou pontuais na qualidade e/ou quantidade de alimentos. Segundo ele, o Assentamento Carlos Marighella, onde reside, possui uma cozinha comunitária, que, no entanto, funciona apenas em datas comemorativas da comunidade.

Dois indicadores foram classificados com sensibilidade baixa: Histórico de impactos da seca agrícola e Uso e ocupação do solo. Em relação ao Histórico de impactos da seca agrícola, o entrevistado afirmou que a seca não causa impactos relevantes na produção agrícola, relatando: "temos poço artesiano, água aqui realmente nós somos ricos; meu barraco tem caixa d'água, todo mundo contribui com bomba" (Entrevista AF9, 2024). Por fim, o Uso e ocupação do solo foi avaliado como de baixa sensibilidade, pois o AF está localizado em uma área com predominância de vegetação nativa preservada (formações florestais, savânicas e campestres).

Dessa forma, observa-se que as dimensões com sensibilidade alta são as de Perfil demográfico (1) e Pluriatividade (1); a dimensão com sensibilidade moderada é a de Segurança

alimentar (0,5), enquanto aquelas com sensibilidade baixa são Perigo climático (seca) (0) e Condições de uso e ocupação do solo (0). A seguir, são apresentados os resultados dos indicadores de capacidade adaptativa.

Onze indicadores foram avaliados com capacidade adaptativa baixa: Taxa de participação no trabalho agrícola; Posse da terra; Renda mensal; Canais de comercialização/ acesso a mercados; Participação associativa; Fundo de gestão de desastres; Acesso a esgotamento sanitário; Acesso a água potável segura; Diversidade de cultivos; Disponibilidade de seguros, investimentos e programas que protegem a produção agrícola; e Acesso a insumos e instrumentos de produção agrícola - Instalações de irrigação; acesso a fertilizantes e corretivos orgânicos para o solo. O indicador Taxa de participação no trabalho agrícola foi assim classificado porque o domicílio é composto por apenas uma pessoa, o que significa que toda a força de trabalho disponível no agroecossistema está concentrada em um único indivíduo. Essa condição já representa, por si só, uma limitação significativa em termos de capacidade operacional. Soma-se a isso o fato de que essa pessoa realiza diárias em sistemas agrícolas de outros agricultores, o que reduz ainda mais o tempo e o esforço dedicado às atividades produtivas em sua própria parcela. Dessa forma, a participação no trabalho agrícola do AF9 é considerada baixa e insuficiente para garantir a sustentabilidade e continuidade da produção.

Os indicadores da dimensão de recursos econômicos (Posse da terra; Renda mensal; Canais de comercialização/ acesso a mercados; Participação associativa; e Fundo de gestão de desastres) foram assim avaliados porque o agricultor possui vínculo territorial totalmente informal, sem qualquer documento ou reconhecimento legal da ocupação (vale ressaltar que, embora o local seja referido pelos moradores como “assentamento”, trata-se de um acampamento existente há dez anos, ainda sem formalização de assentamento. Cerca de sessenta famílias residem no local); a renda média mensal é inferior a um salário mínimo; no momento, o agricultor não comercializa sua produção, o que inviabiliza a agricultura como fonte de renda; não participa de nenhuma associação ou cooperativa de agricultores locais; e não tem acesso a nenhum fundo de gestão de desastres. A ausência de vínculo formal à terra, a renda inferior a um salário mínimo, a inexistência de comercialização da produção, a não participação em associações e a falta de acesso a fundos de gestão de desastres comprometem significativamente a capacidade adaptativa do agricultor, pois restringem o acesso a crédito, investimentos e programas públicos, dificultam a permanência produtiva e limitam a articulação institucional e política (Das *et al.*, 2020; Kim *et al.*, 2021; Sharma e Ravindranath, 2019; Unger *et al.*, 2011).

O Acesso a esgotamento sanitário e o Acesso a água potável segura foram classificados com capacidade adaptativa baixa, pois o agricultor não possui nenhum tipo de sistema de esgotamento sanitário, nem fossa séptica e consome água de poço artesiano, sem qualquer tipo de tratamento ou proteção. Os indicadores Diversidade de cultivos; Disponibilidade de seguros, investimentos e programas que protegem a produção agrícola; e Acesso a insumos e instrumentos de produção agrícola, pertencentes à dimensão de recursos agrícolas, também receberam essa avaliação, porque a produção agrícola se restringe às culturas de milho e mandioca; o entrevistado não possui acesso a seguros agrícolas, linhas de crédito, financiamentos ou programas de apoio à produção, tampouco dispõe de sistema de irrigação, além de ter acesso limitado a fertilizantes orgânicos. Esses aspectos representam limitações, visto que o acesso a seguros agrícolas, irrigação e insumos corretivos fortalece significativamente a capacidade adaptativa dos sistemas agrícolas, pois permite a continuidade da produção, reduz a vulnerabilidade econômica e viabiliza investimentos em adaptação. Esses recursos ampliam a autonomia dos agricultores, aumentam a produtividade e oferecem maior resiliência frente aos impactos climáticos (Das *et al.*, 2020; Sharma e Ravindranath, 2019).

O indicador Bens domésticos teve avaliação de capacidade adaptativa moderada, pois o agricultor possui alguns bens domésticos essenciais em estado funcional, mas com limitações quanto à variedade e modernização. Três indicadores apresentaram capacidade adaptativa alta: Taxa de alfabetização - com idade igual ou maior que 7 anos; Acesso à energia elétrica e internet; Presença de áreas nativas e protegidas.

O indicador Taxa de alfabetização, da dimensão de recursos humanos, foi assim avaliado, pois o agricultor é alfabetizado. A alfabetização é um fator que fortalecem a capacidade adaptativa, pois amplia o acesso à informação, compreensão de riscos e tomada de decisões estratégicas em contextos adversos (Brenkert e Malone, 2005; Das *et al.*, 2020; Sharma e Ravindranath, 2019). O indicador Acesso à energia elétrica e internet da dimensão de recursos de infraestrutura, recebeu avaliação máxima com base no relato do entrevistado, que considera a qualidade da energia elétrica e internet como muito satisfatórias.

Já o indicador Presença de áreas nativas e protegidas, da dimensão de recursos ambientais, também recebeu nota máxima, pois 80% da área ocupada pelo acampamento é composta por vegetação nativa conservada. Segundo o entrevistado, a presença de fauna silvestre, como onças, é comum na região - um indicativo de conservação ambiental (Alves, 2023). O indicador Estratégias locais para a redução de impactos na produtividade em secas prolongadas, foi classificado como “não se aplica (N/A)”, visto que o agricultor relatou não

sentir os impactos da seca na produção agrícola, sendo então, desconsiderado para o cálculo da média da dimensão de recursos agrícolas, à qual faz parte.

Dessa forma, as dimensões com capacidade adaptativa baixa foram Recursos econômicos (0,08), Recursos de infraestrutura (0,3) e Recursos agrícolas (0), enquanto Recursos humanos (0,5) teve avaliação de capacidade adaptativa moderada e a dimensão de Recursos ambientais (1) apresentou alta capacidade adaptativa.

4.2.10 Agroecossistema familiar 10 (AF10)

O Agroecossistema familiar 10 (AF10) faz parte do Acampamento no Assentamento Carlos Marighella. A família é composta por duas pessoas, sendo um homem e uma mulher idosos. Segundo o entrevistado, possuem acesso regular a alimentos de qualidade e em quantidade suficiente. A renda mensal da família gira em torno de um salário mínimo, e atualmente não comercializam a sua produção agrícola. A mulher trabalha fora para garantir o sustento financeiro. Eles não participavam da associação do acampamento até o momento da entrevista. A Associação dos Agricultores Familiares Rurais Moradores do Acampamento no Assentamento Carlos Marighella foi registrada formalmente em novembro de 2024. Não possuem acesso a fundos governamentais e nem título de posse de terra, ou qualquer documento ou reconhecimento legal da ocupação.

A seca afeta significativamente a produtividade agrícola, dificultando o cultivo. Apenas um dos moradores trabalha na agricultura, porém enfrenta problemas de saúde que dificultam o manejo da terra. A família cultiva milho e feijão de arranca, além de criar galinhas. Em relação à infraestrutura, não têm acesso a esgotamento sanitário, utilizando uma fossa séptica e têm acesso à água proveniente de um poço artesiano. O acesso à energia elétrica e internet é bom, sendo avaliado como "100% de qualidade, melhor que da cidade" (Entrevista AF10, 2024).

Para minimizar os impactos da seca, a família utiliza um reservatório local para irrigação, que sustenta as atividades agrícolas durante períodos críticos. A família está situada em uma região onde 80% do acampamento é coberto por vegetação nativa, garantindo um ambiente conservado.

Os resultados do índice de vulnerabilidade do AF10 estão apresentados a seguir (Tabelas 20 e 21). O agroecossistema familiar apresenta um valor de sensibilidade classificado como moderado (0,60) e uma capacidade adaptativa também moderada (0,49), o que resultou em um índice final de vulnerabilidade baixo (0,11). Esse resultado reflete que, embora existam elementos que elevem a sensibilidade da família frente ao risco climático da seca, sua

capacidade adaptativa tem contribuído de maneira significativa para reduzir os impactos potenciais.

Tabela 20 - Valores atribuídos aos Indicadores – AF10

Componentes de vulnerabilidade	Indicadores	Valor atribuído a cada indicador
Sensibilidade	Nº de idosos e crianças	1
	Acesso a alimentos de qualidade e em quantidade suficiente	0
	Diversidade de renda	1
	Histórico de impactos da seca agrícola	1
	Uso e ocupação do solo	0
Capacidade Adaptativa	Taxa de participação no trabalho agrícola	0
	Taxa de alfabetização (com idade igual ou maior que 7 anos)	1
	Posse da terra	0
	Bens domésticos	0,5
	Renda mensal	0
	Canais de comercialização/ acesso a mercados	0
	Participação associativa	0
	Fundo de gestão de desastres	0
	Acesso a esgotamento sanitário	0,5
	Acesso a água potável segura	0
	Acesso à energia elétrica e internet	1
	Diversidade de cultivos	0
	Disponibilidade de seguros, investimentos e programas que protegem a produção agrícola	0
	Acesso a insumos e instrumentos de produção agrícola (Instalações de irrigação; acesso a fertilizantes e corretivos orgânicos para o solo)	1
	Estratégias locais para a redução de impactos na produtividade em secas prolongadas	0,5
	Presença de áreas nativas e protegidas	1

Fonte: Elaboração própria (2025).

Tabela 21 - Índice de vulnerabilidade à seca – AF10

Componentes de vulnerabilidade	Dimensões	Valor médio dimensões	Valor médio componentes	Índice de vulnerabilidade (S-CA)
Sensibilidade	Perfil demográfico	1	0,60	0,11

	Segurança alimentar	0	
	Pluriatividade	1	
	Perigo climático (seca)	1	
	Condições de uso e ocupação do solo	0	
Capacidade Adaptativa	Recursos humanos	0,5	
	Recursos econômicos	0,08	
	Recursos de infraestrutura	0,5	0,49
	Recursos agrícolas	0,38	
	Recursos ambientais	1	

Fonte: Elaboração própria (2025).

Três indicadores foram avaliados com sensibilidade alta: Número de idosos e crianças; Diversidade de renda; e Histórico de impactos da seca agrícola. Os dois membros que compõem a família são idosos, o que amplia sua sensibilidade (Cutter, Boruff e Shirley, 2003; Das *et al.*, 2020), o que é agravado pelas complicações de saúde que o entrevistado apresenta. No momento, por não estarem comercializando sua produção agrícola, têm como única fonte de renda o trabalho da mulher (não especificado pelo entrevistado). Isso reduz a diversidade de renda familiar, ampliando sua sensibilidade econômica. No que diz respeito ao histórico de impactos da agrícola, o entrevistado relata que a seca “atrapalha muito” a produção, comprometendo a maioria ou a totalidade das culturas.

Dois indicadores foram classificados como de sensibilidade baixa: Acesso regular e permanente a alimentos de qualidade e em quantidade suficiente e Uso e ocupação do solo. Essas avaliações se justificam pelos seguintes fatores: o entrevistado considera ter acesso regular e permanente a alimentos de qualidade nutricional e em quantidade suficiente, de acordo com a definição da Lei nº 11.346/2006 (Sistema Nacional de Segurança Alimentar e Nutricional – SISAN) (Brasil, 2006); e a família estar situada em uma área com predominância de vegetação nativa conservada (formações florestais, savânicas e campestres), apesar da presença pontual de áreas de pastagem e urbanizadas.

Portanto, as dimensões identificadas com sensibilidade alta foram Perfil demográfico (1), Pluriatividade (1) e Perigo climático (seca) (1), enquanto as dimensões com sensibilidade baixa foram as de Segurança alimentar (0) e Condições de uso e ocupação do solo (0). A seguir, são apresentados os resultados dos indicadores de capacidade adaptativa.

Nove indicadores foram classificados com capacidade adaptativa baixa: Taxa de participação no trabalho agrícola; Posse da terra; Renda mensal; Canais de comercialização/acesso a mercados; Participação associativa; Fundo de gestão de desastres; Acesso a água potável segura; Diversidade de cultivos; e Disponibilidade de seguros, investimentos e programas que protegem a produção agrícola. O indicador Taxa de participação no trabalho agrícola recebeu essa classificação porque apenas uma pessoa está envolvida no trabalho agrícola e, por apresentar graves problemas de saúde, enfrenta dificuldades de trabalhar a terra, de forma que a sua companheira precisa trabalhar em outros lugares para garantir a renda familiar.

Na dimensão de recursos econômicos, os indicadores Posse da terra; Renda mensal; Canais de comercialização/acesso a mercados; Participação associativa; e Fundo de gestão de desastres, foram classificados com valor mínimo devido à realidade da família: vínculo territorial totalmente informal, sem qualquer documento ou reconhecimento legal da ocupação (apesar do nome “assentamento” adotado localmente, trata-se de um acampamento existente há cerca de dez anos, ainda sem formalização fundiária); renda média mensal de até um salário mínimo; ausência de comercialização da produção agrícola como fonte de renda; não participação em associação ou cooperativa de agricultores locais; e inexistência de acesso a fundos de gestão de desastres. A ausência de vínculo formal à terra, a renda de até um salário mínimo, a inexistência de comercialização da produção, a não participação em associações e a falta de acesso a fundos de gestão de desastres comprometem significativamente a capacidade adaptativa da família. Essa combinação limita o acesso a créditos, investimentos, articulações institucionais e programas públicos, dificultando a permanência produtiva e a adoção de estratégias adaptativas (Das *et al.*, 2020; Kim *et al.*, 2021; Sharma e Ravindranath, 2019; Unger *et al.*, 2011).

O Acesso a água potável segura foi assim avaliado, pois a família consome água de poço artesiano, sem qualquer tipo de tratamento ou proteção. Já na dimensão de recursos agrícolas, os indicadores Diversidade de cultivos e Disponibilidade de seguros, também receberam avaliação baixa. A família cultiva apenas milho, feijão de arranca e cria galinhas, sem promover diversidade ou rotação de culturas; além disso, não acessa seguros agrícolas, linhas de crédito, financiamentos ou programas de apoio à produção. Essa realidade fragiliza a capacidade

adaptativa, pois, quanto menor a diversidade de cultivos e o acesso a recursos técnicos e financeiros, maior a vulnerabilidade aos impactos climáticos. Sistemas mais biodiversos são mais resilientes, e o acesso a seguros e financiamentos permite continuidade da produção, estabilidade econômica e investimentos em práticas adaptativas (Sharma e Ravindranath, 2019).

Três indicadores foram classificados com capacidade adaptativa moderada: Bens domésticos; Acesso a esgotamento sanitário; e Estratégias locais para a redução de impactos na produtividade em secas prolongadas. Isso porque a família possui alguns bens domésticos essenciais em estado funcional, mas ainda com limitações quanto à variedade e modernização. O indicador da dimensão de recursos de infraestrutura (Acesso a esgotamento sanitário), recebeu avaliação moderada, pois utilizam fossa séptica como forma de saneamento; já o indicador Estratégias locais para a redução de impactos na produtividade em secas prolongadas foi assim avaliado por adotarem estratégias emergenciais baseadas em experiências anteriores, como o uso da barragem local para irrigação em situações de necessidade, ainda que sem planejamento contínuo ou apoio técnico e/ou institucional.

Quatro indicadores receberam avaliação de capacidade adaptativa alta: Taxa de alfabetização - com idade igual ou maior que 7 anos; Acesso à energia elétrica e internet; Acesso a insumos e instrumentos de produção agrícola - Instalações de irrigação; acesso a fertilizantes e corretivos orgânicos para o solo; e Presença de áreas nativas e protegidas. O indicador Taxa de alfabetização recebeu essa classificação porque todos os membros da família são alfabetizados, o que potencializa o acesso à informação, a compreensão dos riscos e a capacidade de tomar decisões estratégicas em contextos adversos (Brenkert e Malone, 2005; Das *et al.*, 2020; Sharma e Ravindranath, 2019). O indicador Acesso à energia elétrica e internet foi avaliado com valor máximo devido à percepção do entrevistado de que a qualidade da energia elétrica e internet são muito satisfatórias.

Já o Acesso a insumos e instrumentos de produção agrícola recebeu essa avaliação porque a família utiliza sistema de irrigação oriundo de uma pequena barragem existente no acampamento. Segundo o entrevistado, "essa irrigação que sustenta a lavoura, na época da seca só se planta irrigando" (Entrevista AF10, 2024). Além disso, fazem uso apenas de fertilizantes orgânicos. O acesso à irrigação e a insumos orgânicos fortalece a capacidade adaptativa agrícola, pois aumentam a produtividade e a resiliência produtiva frente aos impactos da seca. Por fim, o indicador Presença de áreas nativas e protegidas, da dimensão de recursos ambientais, recebeu avaliação de alta capacidade adaptativa, pois 80% da área ocupada pelo acampamento é coberta por vegetação nativa conservada.

Portanto, observa-se que a dimensão com capacidade adaptativa baixa é a de Recursos econômicos (0,08); as dimensões com capacidade adaptativa moderada são Recursos humanos (0,5), Recursos de infraestrutura (0,5) e Recursos agrícolas (0,38); e com alta capacidade adaptativa é a de Recursos ambientais (1).

4.2 Análise consolidada da vulnerabilidade dos agroecossistemas familiares (AFs)

A análise consolidada das dimensões dos componentes de sensibilidade e capacidade adaptativa de todos os agroecossistemas permitiu a observação, de forma mais integrada, das realidades vivenciadas pelos agricultores familiares, possibilitando identificar características em comum que apontam para alguns traços compartilhados do território. A seguir, são apresentados quadros com as avaliações atribuídas a cada dimensão, a fim de sintetizar os resultados e facilitar a visualização das análises realizadas.

O quadro 5, a seguir, sintetiza os valores atribuídos a cada dimensão por agroecossistema e apresenta, ao final, a média consolidada de cada dimensão, assim como o índice final de sensibilidade média calculado para o conjunto das famílias entrevistadas. Observa-se que duas dimensões apresentam os maiores valores médios: Pluriatividade (0,9) e Perigo Climático (seca) (0,9), representando os principais fatores de sensibilidade para a maioria dos agroecossistemas familiares analisados. Esses resultados indicam que a baixa diversificação de fontes de renda e os impactos recorrentes da seca se destacam como fatores de sensibilidade comuns entre os AFs.

Quadro 5 - Valores das dimensões de sensibilidade – AFs

Dimensões de Sensibilidade						
Agroecossistemas familiares	*	Perfil demográfico	Segurança alimentar	Pluriatividade	Perigo climático (seca)	Condições de uso e ocupação do solo
	AF1	0,5	0	1	1	0,5
	AF2	0	0,5	1	1	0,5
	AF3	1	0	1	1	0,5
	AF4	1	0,5	1	1	0,5
	AF5	0	0	1	1	0,5
	AF6	0,5	0	0	1	1
	AF7	0,5	0,5	1	1	1
	AF8	0	0	1	1	0,5
	AF9	1	0,5	1	0	0
	AF10	1	0	1	1	0
	Total	0,55	0,2	0,9	0,9	0,5
0,61						

Fonte: Elaboração própria (2025).

A pluriatividade é uma das respostas da agricultura familiar às novas exigências econômicas e sociais, que consiste na diversificação das atividades econômicas para além da produção agrícola, funcionando como uma estratégia de garantia do seu modo de vida. Essa prática, além de ser uma resposta às pressões do mercado, pode ser entendida também como uma forma de manutenção da centralidade da unidade familiar na organização da produção. A pluriatividade não apenas permite a permanência das famílias no campo, como também expressa uma identidade crítica em relação ao modelo dominante de agricultura industrial, no sentido de preservação das suas práticas agrícolas tradicionais camponesas que continuam orientando as decisões dos agricultores, mesmo dentro dos contextos atuais (Wanderley, 2003; Carneiro, 2013). No entanto, entre os agroecossistemas familiares analisados, observou-se que em nove dos dez casos entrevistados a família possui apenas uma fonte de renda esporádica, além da renda agrícola ou apenas a renda agrícola, o que evidencia limitações na adoção dessa estratégia e contribui para a elevação da sensibilidade econômica frente aos impactos da seca.

Nove dos dez AFs também relataram que a seca causou e continua causando impactos severos na produção agrícola, comprometendo a maioria ou a totalidade das suas culturas agrícolas, o que evidencia alta sensibilidade aos impactos da seca nesse grupo. A redução da produtividade agrícola pode ser intensificada pelo aumento na duração e intensidade das ondas de calor, alterações na distribuição das precipitações e diminuição da disponibilidade hídrica. A chamada seca agrícola é caracterizada justamente como a escassez de precipitação combinada com o excesso de evapotranspiração, afetando a produção agrícola ou a função geral do ecossistema, o que amplia o risco de insegurança alimentar e nutricional (Delgado, 2004; IPCC, 2014; Sousa e Pereira, 2019; IPCC, 2023).

As dimensões de Perfil demográfico e Condições de uso e ocupação do solo apresentaram médias de sensibilidade moderadas, com valores de 0,55 e 0,50, respectivamente. No caso do perfil demográfico, essa sensibilidade se justifica pelo fato de que cinco dos nove AFs têm suas famílias constituídas, na sua totalidade ou com mais de 33%, por pessoas idosas, e dois AFs apresentam mais de 33% da composição familiar formada por crianças.

Quanto às Condições de uso e ocupação do solo, observou-se que 60% dos AFs estão inseridos em áreas de uso misto ou mosaico, que combinam agricultura, pastagem, áreas campestres ou savânicas com fragmentos de vegetação nativa; há cobertura vegetal parcial e alternância de uso do solo. Outros 20% estão em áreas com uso intensivo e/ou elevado grau de degradação ambiental, como monoculturas ou áreas urbanizadas, com expressiva fragmentação da vegetação nativa. Apenas 20% dos AFs encontram-se em áreas predominantemente

conservadas, com presença de vegetação nativa contínua e preservada (ex: formações florestais ou savânicas).

A dimensão de Segurança alimentar apresentou média de sensibilidade baixa (0,20). Isso se deve ao fato de que 60% das famílias relataram ter acesso regular e permanente a alimentos de qualidade nutricional e em quantidade suficiente, enquanto 40% relataram ter acesso com limitações sazonais ou pontuais na qualidade e/ou na quantidade dos alimentos. Pimentel (2025) observa que entre os assentamentos da região prevalece uma lógica de organização socioprodutiva baseada em relações de reciprocidade, reforçada pelo histórico de luta coletiva pelo direito à terra, o que fortaleceu a organização social e o senso de comunidade. Essa coesão é frequentemente traduzida em práticas como mutirões, que contribuem diretamente para a viabilidade dos sistemas de produção mesmo diante de limitações estruturais.

Tal dinâmica fortalece a segurança alimentar, ao contribuir, por meio do apoio coletivo, a continuidade da produção e o compartilhamento de alimentos entre os assentados (AF1, AF2, AF3, AF4, AF5, AF9 e AF10). Aqueles que relatam algum tipo de limitação sazonal ou pontual na qualidade e/ou na quantidade dos alimentos (AF2, AF4 e AF9), atribuem esse fato às dificuldades produtivas e econômicas. Dentre os entrevistados não assentados (AF6, AF7 e AF8), apenas o AF7 relatou limitações na qualidade e/ou na quantidade dos alimentos, também atribuindo tal realidade aos desafios na produção e ao contexto econômico da família.

Dessa forma, a média consolidada do índice final de sensibilidade foi de 0,61, classificada como moderada, sendo as maiores sensibilidades associadas à diversidade limitada de renda e à recorrência de impactos severos da seca na produção dos agroecossistemas familiares entrevistados.

Em relação às dimensões de capacidade adaptativa, o quadro 6 abaixo, mostra que as dimensões que apresentaram média de capacidade adaptativa baixa foram as de Recursos agrícolas (0,21), Recursos econômicos (0,29), Recursos de infraestrutura (0,25) e Recursos ambientais (0,30).

Quadro 6 - Valores das dimensões de capacidade adaptativa – AFs

Dimensões de Capacidade adaptativa						
Agroecossistemas familiares	*	Recursos humanos	Recursos econômicos	Recursos de infraestrutura	Recursos agrícolas	Recursos ambientais
	AF1	0,25	0,41	0	0,63	0
	AF2	0	0,33	0,17	0	0,5
	AF3	1	0,25	0	0	0

	AF4	0,75	0,50	0,17	0,5	0
	AF5	0,5	0,17	0	0,13	0
	AF6	0,75	0,50	0,67	0	0
	AF7	1	0,25	0,17	0,25	0
	AF8	1	0,33	0,5	0,25	0,5
	AF9	0,5	0,08	0,33	0	1
	AF10	0,5	0,08	0,5	0,38	1
	Total	0,63	0,29	0,25	0,21	0,3
		0,34				

Fonte: Elaboração própria (2025).

A média baixa observada na dimensão de Recursos Agrícolas está associada, principalmente, aos seguintes indicadores: Disponibilidade de seguros, investimentos e programas que protegem a produção agrícola, com 80% dos AFs classificados com capacidade adaptativa baixa; Acesso a insumos e instrumentos de produção agrícola (Instalações de irrigação; acesso a fertilizantes e corretivos orgânicos para o solo), também com 80% dos AFs com avaliação baixa; e Diversidade de cultivos, com 60% dos AFs apresentando baixa capacidade adaptativa. Esses resultados revelam uma limitação de acesso a políticas públicas que poderiam garantir maior segurança econômica e continuidade produtiva, como programas de fomento, crédito e seguro rural. Além disso, evidenciam dificuldades no acesso a insumos que aumentam a resiliência agrícola em períodos de estiagem, como sistemas de irrigação e corretivos orgânicos. A baixa diversidade de cultivos é outro fator crítico, pois isso torna os sistemas agrícolas mais vulneráveis aos desequilíbrios ambientais e limita a resiliência frente a variações climáticas, já que monoculturas ou cultivos muito restritos possuem menor capacidade de adaptação (Altieri, 2004). Nesse sentido, os resultados apresentados reforçam a importância de políticas públicas que promovam a proteção e o aumento da produção e o fortalecimento técnico da agricultura familiar.

A maior parte dos investimentos públicos destinados para a agricultura, no entanto, são voltados para o setor agrícola industrial e para a produção em larga escala de produtos para exportação. Esses investimentos consistem em linhas de crédito, seguros, garantias de preços mínimos e acesso a inovações tecnológicas. Por outro lado, agricultores familiares, que são responsáveis por grande parte da produção de alimentos de qualidade, são marginalizados nesses processos políticos, tendo acesso limitado a tecnologia, crédito e seguros (Sauer, Balestro e Schneider, 2017; Rekow, 2019).

Quanto a baixa classificação da dimensão de Recursos econômicos, esta se deve principalmente pelas baixas médias dos indicadores: Renda mensal; Canais de comercialização/acesso a mercados; e Fundo de gestão de desastres. Com avaliação de baixa

capacidade adaptativa em 90% dos AFs, o indicador de Renda mensal evidencia a limitação econômica vivenciada pelas famílias entrevistadas, cuja renda na maioria dos casos, é de até dois salários mínimos, o que restringe o acesso a bens, serviços e o potencial de recuperação após períodos de seca, ao reduzir seus impactos, contribuindo para a adoção de medidas adaptativas (Das et al., 2020; Sharma e Ravindranath, 2019; Unger et al., 2011). O acesso a canais de comercialização foi considerado insuficiente para 60% dos AFs, refletindo a baixa inserção no mercado e a ausência de estratégias de escoamento da produção, como a venda por canais diversos, incluindo contratos e comércio regular, o que compromete a sustentabilidade econômica da atividade agrícola. Já o fundo de gestão de desastres foi classificado com capacidade adaptativa baixa em 100% dos casos, revelando a total ausência de acesso a esse tipo de política pública, como o acesso contínuo a diferentes tipos de fundos e políticas locais de prevenção e resposta, que poderiam garantir respostas mais eficazes frente aos impactos da seca. Esses resultados apontam para a vulnerabilidade econômica dos AFs entrevistados.

A dimensão de Recursos Ambientais, que também apresentou média baixa de capacidade adaptativa, foi assim classificada com base na avaliação do indicador Presença de áreas nativas e protegidas, em que 60% dos AFs avaliados apresentaram apenas até 33% da área total composta por vegetação nativa ou protegida. Essa distribuição evidencia que a maioria dos AFs enfrenta limitações ambientais no que diz respeito à presença de áreas de vegetação nativa conservadas, o que representa uma fragilidade significativa na dimensão ambiental da capacidade adaptativa. A manutenção dessas áreas contribui para a regulação hídrica, conservação do solo, proteção da biodiversidade e prestação de serviços ecossistêmicos fundamentais. São ativos ecológicos que fortalecem a capacidade do sistema de se regenerar e suportar pressões externas; a presença de vegetação nativa, além de auxiliar na regulação do microclima e na conservação da umidade do solo, aumenta a resiliência frente aos distúrbios climáticos (Mancal *et al.*, 2016; Sharma e Ravindranath, 2019).

A baixa média de capacidade adaptativa observada na dimensão de Recursos de Infraestrutura decorre das avaliações obtidas pelos indicadores: Acesso a esgotamento sanitário, Acesso a água potável segura e Acesso à energia elétrica e internet. Quanto ao acesso a esgotamento sanitário, 50% dos AFs apresentaram avaliação baixa, indicando que a família não possui nenhum tipo de sistema de saneamento, enquanto os outros 50% foram classificados com capacidade adaptativa moderada por utilizarem algum tipo de sistema, como fossa séptica. O acesso à água potável segura apresentou resultado de 90% dos AFs consumindo água de fontes naturais (rios, poços, cisternas) sem qualquer tipo de tratamento ou proteção. Em relação ao acesso à energia elétrica e internet, 50% relataram que o serviço é limitado e de baixa

qualidade, 40% relataram ter acesso de boa qualidade, com estabilidade e velocidade adequadas, e os outros 10% avaliaram com qualidade moderada. Esses resultados demonstram que existem limitações significativas nos serviços básicos, como o acesso à água potável segura, esgotamento sanitário e acesso à energia elétrica e internet, comprometendo a capacidade adaptativa desses agroecossistemas frente ao perigo climático da seca.

A dimensão de Recursos humanos apresentou média moderada (0,63), representando a maior média entre as dimensões avaliadas e contribuindo para a elevação da média do componente de capacidade adaptativa. A análise dos indicadores dessa dimensão apresentou os seguintes resultados: para o indicador de Taxa de participação no trabalho agrícola, 40% dos AFs demonstraram alta capacidade adaptativa, com mais de 66% dos membros aptos da família participando das atividades produtivas, o que fortalece a resiliência do sistema diante dos impactos da seca, visto que quanto maior o número de pessoas envolvidas em um sistema agrícola, mais rapidamente esse ambiente se recupera (Das et al., 2020). Ainda assim, 30% dos AFs apresentaram baixa capacidade adaptativa nesse indicador, evidenciando restrições na força de trabalho disponível. Quanto à Taxa de alfabetização, os dados revelam o seguinte cenário: 60% dos AFs possuem mais de 66% dos membros da família, com idade maior ou igual a 7 anos, alfabetizados, o que amplia o acesso à informação, a compreensão de riscos e a adoção de estratégias de adaptação (Brenkert e Malone, 2005; Das et al., 2020; Sharma e Ravindranath, 2019). No entanto, 20% ainda apresentam baixa capacidade adaptativa nesse quesito, o que pode comprometer sua autonomia na tomada de decisões frente às adversidades da seca.

Considerando que a média consolidada da sensibilidade de todos os AFs entrevistados foi de 0,61 e a da capacidade adaptativa foi de 0,34, ao aplicar a fórmula $V = S - CA$, o índice final de vulnerabilidade foi de 0,27, um resultado classificado como de baixa vulnerabilidade. Alguns fatores específicos contribuíram para a redução do valor final do índice, como a segurança alimentar observada em 60% dos agroecossistemas e a alta taxa de alfabetização, com 60% dos AFs apresentando todos os membros alfabetizados.

Entretanto, apesar do valor baixo do índice, os dados evidenciam diversas fragilidades dos AFs analisados. As principais limitações observadas relacionam-se às limitações na capacidade produtiva, prejudicada por restrições econômicas, impactos severos da seca, ausência de acesso adequado a insumos e instrumentos de produção (como irrigação e fertilizantes orgânicos), falta de políticas públicas de fomento e proteção da produção agrícola e ausência total de acesso a fundos de gestão de desastres climáticos. Soma-se a isso a limitação

na diversidade de cultivos, a ausência de orientação técnica destinada à agricultura familiar, bem como restrições observadas na força de trabalho.

Outra questão é a fragilidade financeira das famílias entrevistadas, agravada por restrições na diversificação da renda familiar, baixa renda mensal de até dois salários mínimos para a maioria dos AFs, acesso limitado à canais de comercialização, restringindo as possibilidades de escoamento da produção e de inserção em mercados mais dinâmicos. Na questão da infraestrutura básica, também foram identificadas limitações, como a ausência de sistemas adequados de esgotamento sanitário, falta de acesso à água potável segura e o acesso limitado ou inexistente à energia elétrica de qualidade e à internet.

Essas são questões que aumentam a sensibilidade e diminuem a capacidade adaptativa dos produtores familiares entrevistados, aumentando a vulnerabilidade diante dos riscos das mudanças climáticas. É importante destacar que a agricultura familiar, por depender diretamente dos recursos naturais disponíveis, sofre de maneira mais intensa com os efeitos das mudanças nos padrões climáticos, especialmente em regiões já marcadas por limitações socioambientais. Apesar da agricultura industrial também sofrer com esses impactos, ela possui maior capacidade de investimento em infraestrutura, como sistemas de irrigação e insumos externos (Brown et al., 2018; Awazi et al., 2020). Já a agricultura familiar enfrenta barreiras históricas de acesso a tecnologias, inovação e crédito, apresentando menor capacidade de investimento em estratégias adaptativas, como irrigação, infraestrutura produtiva e apoio técnico.

Portanto, embora o índice final de vulnerabilidade tenha sido classificado como baixo, o valor resulta da combinação matemática entre um componente de moderada sensibilidade e outro de capacidade adaptativa também moderada, sendo influenciado por aspectos específicos que elevam a média adaptativa. Entretanto, isso não deve invisibilizar as inúmeras fragilidades enfrentadas por esses agroecossistemas familiares, que permanecem enfrentando desafios significativos diante dos riscos da crise climática.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

No contexto do Distrito Federal, o PAD/DF se destaca como polo agrícola de grande relevância econômica, servindo como vitrine do agronegócio, com a maior parte das dinâmicas de uso e ocupação do solo destinadas à agricultura industrial, majoritariamente produtora de soja. A maior parte dos investimentos públicos em agricultura se concentra nesse setor agrícola e na produção em larga escala de produtos para exportação. Nesse sentido, observa-se no PAD/DF que grande parte das terras agricultáveis está concentrada nas mãos de grupos de agricultores empresariais, com maior capacidade financeira. Nessa conjuntura, a agricultura familiar, por depender do rendimento de cada ano e da sazonalidade de suas culturas, além de não dispor de capital de giro ou reservas financeiras, e ocuparem áreas mais expostas, tende a enfrentar maiores vulnerabilidades diante dos impactos da crise climática.

Dessa forma, é fundamental mapear as condições de vida e de produção dessas famílias, que estão cercadas pelos impactos ambientais e sociais do agronegócio, especialmente em um cenário de crise climática, com projeções de secas prolongadas na região. Assim, o presente estudo teve como objetivo analisar a vulnerabilidade dos agricultores familiares no PAD/DF ao perigo climático da seca, articulando bases teóricas que conectam crise climática e agricultura familiar; o arcabouço teórico do AR5 (IPCC, 2014), fornecendo uma base conceitual para a análise da vulnerabilidade; bem como o resgate do histórico rural do DF, da criação do PAD/DF e os desafios climáticos projetados para o estado.

Entre os principais desafios identificados, destacam-se as restrições produtivas causadas por escassez de recursos econômicos, ausência de políticas públicas de proteção e fomento à produção, impactos severos da seca, falta de acesso a insumos agrícolas de qualidade, baixa diversidade de cultivos, ausência de assistência técnica, ausência total de fundos de gestão de desastres, renda mensal baixa, canais de comercialização limitados e limitações em infraestrutura básica (saneamento, água potável, energia e internet). Essas questões ampliam a vulnerabilidade diante da crise climática, especialmente em contextos em que há forte dependência dos recursos naturais e limitada capacidade de investimento em estratégias adaptativas. Embora a agricultura industrial também enfrente os efeitos das mudanças climáticas, sua capacidade de adaptação é ampliada por acesso a tecnologias, infraestrutura e crédito, enquanto a agricultura familiar ainda enfrenta barreiras históricas (Awazi et al., 2020; Brown et al., 2018).

No contexto dos agroecossistemas familiares avaliados, os dados evidenciam que, diante de um evento extremo de seca prolongada, a maioria das famílias enfrentaria dificuldades

significativas de responder eficazmente aos impactos. As baixas médias de capacidade adaptativa, observadas em grande parte dos perfis analisados, sugerem que as famílias avaliadas estão em situação de vulnerabilidade, sendo pouco provável que consigam atravessar uma crise climática severa sem perdas significativas. Mesmo aquelas com índice final de vulnerabilidade mais baixo, apresentam fragilidades estruturais que podem ser agravadas diante de secas mais intensas. Dessa forma, os resultados indicam que, caso não haja uma ampliação efetiva das condições adaptativas, essas famílias poderão enfrentar impactos que comprometam sua permanência no campo, a continuidade da produção e a própria segurança alimentar.

O desenvolvimento rural sustentável depende, portanto, de incentivos específicos que ofereçam suporte para a produção de base familiar, já que a disparidade na distribuição do crédito rural entre a agricultura empresarial e familiar, é uma das maiores dificuldades enfrentadas pelo setor. Como por exemplo, reorientar políticas públicas de crédito e fomento para a produção, serviços de assistência técnica especializada, políticas de acesso a mercados, incentivos diferenciados, conscientização dos consumidores acerca dos produtos agroecológicos etc. Esse fortalecimento pode incentivar uma maior estruturação do setor, afirmando-o como um modelo de abastecimento do mercado, promotor da segurança alimentar e nutricional, através da produção de alimentos saudáveis, da conservação dos recursos naturais e da ampliação de espaços de justiça social no campo (Oliveira, Wehrmann e Sauer, 2015).

Portanto, esta pesquisa buscou contribuir para o aprofundamento do debate sobre a vulnerabilidade climática da agricultura familiar, trazendo esse segmento para o centro das discussões sobre crise climática. Ao colocar em evidência a realidade de agricultores familiares no PAD/DF e núcleos rurais adjacentes, a pesquisa aponta para a importância de reconhecê-los não apenas como produtores de alimentos, mas como sujeitos diretamente afetados pelos efeitos das mudanças climáticas, cujas especificidades demandam atenção. Do ponto de vista metodológico, destaca-se a contribuição da pesquisa na construção e aplicação de formas operacionais para o arcabouço teórico do AR5 (IPCC, 2014), voltadas para a análise da vulnerabilidade. A aplicação prática desse marco teórico permitiu o mapeamento de fragilidades e a identificação de potenciais de adaptação presentes nos agroecossistemas familiares analisados.

No entanto, o estudo também apresenta algumas limitações, como por exemplo o tamanho reduzido da amostra, restringindo a possibilidade de extrapolação dos resultados, o que reforça o caráter exploratório e de primeiro ensaio desta pesquisa. Portanto, ressalta-se que os resultados aqui apresentados não devem ser extrapolados de forma ampla, sendo necessário que novos estudos se desenvolvam nesse sentido.

Outro ponto relevante diz respeito à estratégia metodológica adotada na construção do índice de vulnerabilidade. A utilização de indicadores com pesos iguais pode não refletir fielmente a magnitude real da influência de cada indicador na sensibilidade ou na capacidade adaptativa. Assim, futuras aplicações da metodologia podem se beneficiar de processos de ponderação diferenciada dos indicadores, com base em consulta a especialistas ou em análises estatísticas, de forma a garantir maior fidedignidade dos resultados e tornar a ferramenta mais robusta. Além disso, ressalta-se a necessidade de correção da fórmula para o cálculo da vulnerabilidade. A fórmula inicialmente utilizada ($V = S - CA$) deve ser alterada para: $V = S \times (1 - CA)$. Essa alteração garante resultados mais condizentes com a realidade, uma vez que impede valores nulos ou negativos. Como todo sistema apresenta um certo grau de vulnerabilidade, a fórmula corrigida deve ser aplicada em estudos futuros para garantir a precisão da análise.

Como sugestões para pesquisas futuras, destaca-se a necessidade de aprofundar o entendimento sobre a dificuldade de localizar agricultores familiares no PAD/DF, observada durante o trabalho de campo. Essa constatação abre espaço para investigações sobre os fatores que têm provocado o deslocamento dessas famílias e sobre os fluxos territoriais internos que envolvem o êxodo rural.

REFERÊNCIAS

- AGUIAR S., SANTOS I., ARÊDES N., SILVA S. Redes-Bioma: Informação e comunicação para ação sociopolítica em ecorregiões. **Ambiente & Sociedade**, São Paulo, v. XIX, n. 3, p. 233-252, 2016.
- ALBANI, I., COUSIN, C., DICKMANN, I. Agricultura familiar e sustentabilidade. **Revista Ambiente & Educação**, Programa de Pós-Graduação em Educação Ambiental – PPGEA/FURG, v. 27, n. 01, 2022.
- ALTAFIN, Iara. **Reflexões sobre o conceito de agricultura familiar**. 3º Módulo do Curso Regional de Formação Político-sindical da região Nordeste, 2007. Disponível em: <https://www.enfoc.org.br/system/arquivos/documentos/70/f1282reflexoes-sobre-o-conceito-de-agricultura-familiar---iara-altafin---2007.pdf>. Acesso em: 04 dez. 2024.
- ALTHOFF, D., RODRIGUES, L., SILVA, D. Impacts of climate change on the evaporation and availability of water in small reservoirs in the Brazilian savannah. **Climatic Change** 159:215–232, 2020.
- ALTIERI, Miguel. **Agroecologia: a dinâmica produtiva da agricultura sustentável**. 5.ed., Editora da UFRGS, Porto Alegre, 2004.
- ALVES, Giselle Bastos. **A onça-pintada (*panthera onca*) em paisagens fragmentadas do Cerrado: o caso da região do Parque Nacional das Emas**. Tese (Doutorado), Programa de Pós-Graduação em Ecologia e Conservação de Recursos Naturais da Universidade Federal de Uberlândia, 2023.
- AMARAL, P. S. **Análise do processo histórico da ocupação do território da Colônia Agrícola Lamarão no contexto do PAD-DF, sob o olhar da Segurança Alimentar e Nutricional com ênfase na produção agrícola**. Monografia, Faculdade de Ciências da Saúde, Universidade de Brasília, 57p., 2013.
- ARAGÃO, R. B. A., BASTOS, M. G., BURNS, G.L., ROSS, H. To clear or not to clear: Unpacking soy farmers’ decision-making on deforestation in Brazil’s Cerrado. **Front. Sustain. Food Syst.** 6:942207, 2022.
- AWAZI, N.P., TCHAMBA, M.N., TEMGOUA, L.F., TIENTCHEU-AVANA, ML. Farmers’ Adaptive Capacity to Climate Change in Africa: Small-Scale Farmers in Cameroon. In: Leal Filho, W., Ogue, N., Ayala, D., Adelake, L., da Silva, I. (eds) **African Handbook of Climate Change Adaptation**. Springer, **Cham**, 2020.

BOTELHO, F. B. F. **As relações rural-urbano no Distrito Federal**. Tese (Doutorado) – Universidade Estadual de Campinas. Instituto de Economia, Campinas, SP: [s.n.], 2001.

BRASIL. **Lei nº 11.346, de 15 de setembro de 2006**. Disponível em: https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2004-2006/2006/lei/111346.htm. Acesso em: 27 mar. 2025.

BRASIL. **Lei nº 12.651, de 25 de maio de 2012**. Disponível em: https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2011-2014/2012/lei/112651.htm. Acesso em: 13 mai. 2024.

BRENKERT, Antoinette L., MALONE, Elizabeth L. Modeling vulnerability and resilience to climate change: a case study of India and Indian states. **Climatic Change** 72: 57–102, 2005.

BROWN, P. R., AFROZ, S., CHIALUE, L., CHIRANJEEVI, T., CLEMENS, S., KHAN, G., PITKIN, C., REDDY, V., ROTH, C., SACKLOKHAM, S., WILLIAMS, S. Constraints to the capacity of smallholder farming households to adapt to climate change in South and Southeast Asia, **Climate and Development**, 2018.

CAMPOS, P. M. et al. Adequabilidade do uso agrícola das terras no núcleo rural do PAD/DF. **Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto**, v. 15, p. 507-513, 2011.

CANNON, T., TWIGG, J., ROWELL, J. **Social Vulnerability, Sustainable Livelihoods and Disasters. Report to DFID, Conflict and Humanitarian Assistance Department (CHAD) and Sustainable Livelihoods Support Office**, 2003.

CAPODEFERRO, M. W., SMIDERLE, J. J., OLIVEIRA, L. A. D., DINIZ, D. T. L. Mecanismos adotados pelo Distrito Federal no combate à crise hídrica. XXXVI. **Congresso Interamericano de Ingeniería Sanitaria y Ambiental**, Guayaquil, Equador, 2018.

CARNEIRO, Maria José. Política pública e agricultura familiar: Uma leitura do Pronaf. **Estudos Sociedade e Agricultura**, v. 5, n. 1, 2013.

CUTTER, S. L., BORUFF, B. J., SHIRLEY, W. L. Social Vulnerability to Environmental Hazards. **Social Science Quarterly**, v. 84, n. 2, 2003.

DAS, S., GHOSH, A., HAZRA, S., GHOSH, T., CAMPOS, R. S., SAMANTA, S. Linking IPCC AR4 & AR5 frameworks for assessing vulnerability and risk to climate change in the Indian Bengal Delta. **Progress in Disaster Science**, v. 7, 2020.

EBERT, A., KERLE, N., STEIN, A. Urban social vulnerability assessment with physicalproxies and spatial metrics derived fromair- and spaceborne imagery and GIS data. **Natural Hazards** 48(2):275-294, 2008.

FAO and ITPS. Status of the World's Soil Resources (SWSR) – Main Report. **Food and Agriculture Organization of the United Nations and Intergovernmental Technical Panel on Soils**, Rome, Italy, 2015.

FERREIRA, C. S., LACERDA, M. P. Adequação agrícola do uso e ocupação das terras na Bacia do Rio São Bartolomeu, Distrito Federal. **Anais XIV Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto**, INPE, Natal, Brasil, 25-30, p. 183-189, 2009.

FILHO, Arnaldo Carneiro, COSTA, Karine. The expansion of soybean production in the Cerrado. Paths to sustainable territorial occupation, land use and production. **Agroicone**, INPUT, 2016.

FIORINI, Ana Carolina Oliveira *et al.* **Environmental Research Letters**, 2024.

GHESTI, Luiz Vicente. **Programa de assentamento dirigido do Distrito Federal- PAD/DF. Uma realidade que superou o sonho**. Brasília, 2009. Disponível em: <https://coopadf.com.br/o-pad-df>. Acesso em: 15 mai. 2024.

GLIESSMAN, S. R. Agroecologia: processos ecológicos em agricultura sustentável. 3. ed. Porto Alegre, RS, **UFRGS**, 2005.

GUIMARÃES, D. P., LANDAU, E. C., REIS, R. J. Caracterização da Bacia Hidrográfica do Rio São Marcos. Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos, 20., Bento Gonçalves, RS. Anais, Porto Alegre-RS, **Associação Brasileira de Recursos Hídricos**, 2013.

HOFFMANN, W. A.; JACKSON, R. B. Vegetation-Climate feedbacks in the conservation of tropical savanna to grassland. **Journal of Climate**, Boston, v. 13, p. 1593-1602, 2000.

HÜBNER, Renata, SIMÕES, Willian. Migração campo/cidade da juventude e os (des)caminhos para a sucessão na agricultura familiar da Região Geográfica Imediata de Chapecó-SC. **Terr@Plural**, Ponta Grossa, v.18, p. 1-22, e2420777, 2024.

Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE). **Censo agropecuário 2017: Resultados definitivos**. Disponível em: https://censoagro2017.ibge.gov.br/templates/censo_agro/resultadosagro/index.html. Acesso em: 18 dez. 2024.

Instituto Socioambiental (ISA). **Área de Proteção Ambiental da Bacia do Rio São Bartolomeu.** Unidades de Conservação no Brasil. Disponível em: <https://uc.socioambiental.org/arp/1305>. Acesso em: 20 jan. 2025.

IPCC. Climate Change 2007: Synthesis Report. Contribution of Working Groups I, II and III to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change [Core Writing Team, Pachauri, R.K and Reisinger, A. (eds.)]. **IPCC**, Geneva, Switzerland, 104 pp, 2007.

IPCC. Climate Change 2013: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change [Stocker, T.F., D. Qin, G.-K. Plattner, M. Tignor, S.K. Allen, J. Boschung, A. Nauels, Y. Xia, V. Bex and P.M. Midgley (eds.)]. **Cambridge University Press**, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA, 1535 pp, 2013.

IPCC. Climate Change 2023: Synthesis Report. Contribution of Working Groups I, II and III to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change [Core Writing Team, H. Lee and J. Romero (eds.)]. **IPCC**, Geneva, Switzerland, 184 pp, 2023.

IPCC. Summary for Policymakers [H.-O. Pörtner, D.C. Roberts, E.S. Poloczanska, K. Mintenbeck, M. Tignor, A. Alegría, M. Craig, S. Langsdorf, S. Löschke, V. Möller, A. Okem (eds.)]. In: Climate Change 2022: Impacts, Adaptation and Vulnerability. Contribution of Working Group II to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change [H.-O. Pörtner, D.C. Roberts, M. Tignor, E.S. Poloczanska, K. Mintenbeck, A. Alegría, M. Craig, S. Langsdorf, S. Löschke, V. Möller, A. Okem, B. Rama (eds.)]. **Cambridge University Press**, Cambridge, UK and New York, NY, USA, pp. 3–33, 2022.

IPCC. Summary for policymakers. In: Field, C., Barros, V., Dokken, D., Mach, K., Mastrandrea, M., et al. (Eds.), Climate Change 2014: Impacts, Adaptation, and Vulnerability. Part A: Global and Sectoral Aspects. Contribution of Working Group II to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. **Cambridge University Press**, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA, pp. 1–32, 2014.

KIM, S. J., PARK, S., LEE, S. J., SHAIMERDENOVA, A., KIM, J., PARK, E., LEE, W., KIM, G. S., KIM, N., KIM, T. H., LIM, C.-H., CHOI, Y., LEE, W.-K. Developing spatial agricultural drought risk index with controllable geo-spatial indicators: A case study for South Korea and Kazakhstan. **International Journal of Disaster Risk Reduction** 54, 2021.

MACHADO, Bruno. **Análise econômica aplicada à decisão sobre alocação de água entre os usos irrigação e produção de energia elétrica: o caso da Bacia do Rio Preto**. Dissertação (Mestrado), Departamento de engenharia civil e Ambiental, Faculdade de Tecnologia da Universidade de Brasília, 2009.

MANCAL, A., LIMA, P., KHAN, A., MAYORGA, M. À espera da seca que vem: capacidade adaptativa em comunidades rurais do semiárido. **Revista Brasileira de Estudos de População**, Rio de Janeiro, 2016.

MARENGO, J. A. *et al.* Increased climate pressure on the agricultural frontier in the Eastern Amazonia–Cerrado transition zone. **Scientific Reports**, Nature portfolio, 12:457, 2022.

MARIN, J. O. B., DREBES, L. M. Migrações internacionais de jovens rurais: limites da reprodução social de agricultores familiares e construções da autonomia pessoal. **Revista Brasileira de Sociologia**, SBS, v. 08, n. 19, p. 201-225, 2020.

MESQUITA, L. F. G., LINDOSO, D., & FILHO, S. R. Crise hídrica no distrito federal: o caso da Bacia do Rio Preto. **Revista Brasileira De Climatologia**, v. 23, 2018.

MICCOLIS, A.; PENEIREIRO, F. M.; MARQUES, H. R.; VIEIRA, D. L. M.; ARCO-VERDE, M. F.; HOFFMANN, M. R.; REHDER, T.; PEREIRA, A. V. B. Restauração ecológica com sistemas agroflorestais: como conciliar conservação com produção: opções para Cerrado e Caatinga. **Centro Internacional de Pesquisa Agroflorestal**, p. 266, Brasília - DF, 2016.

Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovações (MCTI). **MCTI apresenta como os dados de monitoramento do Cerrado foram utilizados para estimar emissões de gases de efeito estufa**, 2021. Disponível em: <https://www.gov.br/mcti/pt-br/acompanhe-o-mcti/noticias/2021/04/mcti-apresenta-como-os-dados-de-monitoramento-do-cerrado-foram-utilizados-para-estimar-emissoes-de-gases-de-efeito-estufa>. Acesso em: 20 nov. 2024.

Ministério do Desenvolvimento Agrário e Agricultura Familiar (MDA). **O Brasil que alimenta: Uma celebração à agricultura familiar. A agricultura familiar conecta saberes tradicionais e práticas modernas, promovendo uma produção mais sustentável e inclusiva**, 2024. Disponível em: <https://www.gov.br/mda/pt-br/noticias/2024/10/o-brasil-que-alimenta-uma-celebracao-a-agricultura-familiar>. Acesso em: 04 dez. 2024.

MOURA, Iracema Ferreira de. **Agroecologia na agenda governamental brasileira: trajetórias no período 2003-2014**. Tese (Doutorado em Ciência, Tecnologia e Inovação em

Agropecuária) - Pró-Reitoria de Pesquisa e Pós-Graduação, Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Seropédica – RJ, 2016.

NEVES, Alisson Santos. **Avaliação das mudanças espaciais e temporais na cobertura da terra da APA do Rio São Bartolomeu (Distrito Federal – Brasil) após trinta anos de criação (1984 – 2014)**. Dissertação (Mestrado), Departamento de Geografia da Universidade de Brasília, 2016.

NEVES, G., SENA-SOUZA, J. P., GOMES, M. P., REATTO, A., NARDOTO, G. B., MARTINS, É. S., COUTO JUNIOR, A. F. Relação entre a dinâmica da expansão das atividades agropastoris e o relevo da bacia hidrográfica do rio São Bartolomeu, Planalto Central Brasileiro. **Anais XVII Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto – SBSR**, INPE, João Pessoa-PB, Brasil, 2015.

NGUYEN, Cuong Viet. Development and application of a Social Vulnerability Index at the local scale. Tese (Doutorado), School of Global, **Urban and Social Studies**, College of Design and Social Context, RMIT University, 2015.

NUNES, E.; CASTRO, S. Degradação de fitofisionomias do Cerrado e impactos erosivos hídricos lineares no sudoeste de Goiás – Brasil. **Sociedade e Natureza**, v. 33, Uberlândia – MG, 2021.

OLIVEIRA, M., WEHRMANN, M., SAUER, S. Agricultura familiar no Distrito Federal: a busca por uma produção sustentável. **Sustentabilidade em Debate** - Brasília, v. 6, n. 1, p. 53-69, 2015.

OLIVEIRA, P. T. S., M. A. NEARING, M. S. MORAN, D. C. GOODRICH, E. WENDLAND, AND H. V. GUPTA. Trends in water balance components across the Brazilian Cerrado, **Water Resour. Res.**, 50, 7100–7114, 2014.

PÉBAYLE, Raymond. **A área rural do Distrito Federal brasileiro**. **Revista Brasileira de Geografia**, IBGE, Ano 33, p. 39-83, 1971.

PIMENTEL, Victor Henriques. **Reprodução social e condições socioambientais dos sistemas produtivos do sudeste do Distrito Federal**. Dissertação, Mestrado em Desenvolvimento Sustentável - PPG/CDS, Universidade de Brasília, 2025.

POLIZEL, S. P. *et al.* Analysing the dynamics of land use in the context of current conservation policies and land tenure in the Cerrado – MATOPIBA region (Brazil). **Land Use Policy** 109, 2021.

RAUSCH L. L., GIBBS H. K., SCHELLY I. *et al.* Soy expansion in Brazil's Cerrado. **Conservation Letters**, 2019.

REKOW, Lea. Socio-Ecological Implications of Soy in the Brazilian Cerrado. **Challenges in Sustainability**, v. 7, i. 1, p. 7-29, 2019.

RODRIGUES, A. A. *et al.* Cerrado deforestation threatens regional climate and water availability for agriculture and ecosystems. **Wiley - Global Change Biology**, 00:1–16, 2022.

ROQUETTE, José Guilherme. Distribuição da biomassa no Cerrado e a sua importância na armazenagem do carbono. **Ciência Florestal**, v. 28, n. 3, p. 1350-1363, Santa Maria, 2018.

SANTOS, Luíza Gonçalves. **Impacto das projeções das mudanças climáticas no balanço hídrico do solo e da soja (*glycine max*) no PAD/DF - Distrito Federal**. Monografia, Faculdade de Agronomia e Medicina Veterinária, Universidade de Brasília, 2011.

SAUER, S., BALESTRO, M., SCHNEIDER, S. **The ambiguous stance of Brazil as a regional power: piloting a course between commodity-based surpluses and national development**. Globalizations, 2017.

Secretaria de Agricultura, Abastecimento e Desenvolvimento Rural do Distrito Federal (SEAGRI/DF). **Projeto do Polo Agroindustrial do PAD-DF**. GDF, Distrito Federal, 2020.

Secretaria de Estado de Meio Ambiente e Recursos Hídricos do Distrito Federal (SEMA/DF). **Estudos de projeções de mudanças do clima para a Região Integrada de Desenvolvimento do Distrito Federal e Entorno – RIDE**. Brasília, 2021.

Secretaria de Estado de Meio Ambiente e Recursos Hídricos do Distrito Federal (SEMA/DF). **Plano de mitigação para redução da emissão de Gases de Efeito Estufa das principais fontes emissoras no território do Distrito Federal. Fundamentos para implementar a parte de mitigação da Contribuição Distritalmente Determinada (CDD), que representa a contribuição do DF para o enfrentamento da mudança global do clima no âmbito do Acordo de Paris**. GDF, Brasília, 2021.

SHARMA, J., RAVINDRANATH, N. Applying IPCC 2014 framework for hazard specific vulnerability assessment under climate change. **Environmental Research Communications** 1051004, 2019.

SILVA, P. S. *et al.* Impacts of the 1.5°C global warming target on future burned area in the Brazilian Cerrado. **Forest Ecology and Management**, 446, 193-203, 2019.

SOARES, Sérgio Siqueira Prado. **Conflitos no aproveitamento hídrico superficial na Bacia Hidrográfica Do Rio São Marcos, Alto Paranaíba**. Dissertação (Mestrado), Faculdade de Engenharia Civil, Universidade Federal de Uberlândia, 2019.

TINOCO, S. T. J. **Conceituação de agricultura familiar uma revisão bibliográfica**. Dextru – Divisão de Extensão Rural, Coordenadoria de Assistência Técnica Integral (CATI), 2006.

UNGER, J. M., RAUCH, A., FRESE, M., ROSENBUSCH, N. Human capital and entrepreneurial success: A meta-analytical review. **Journal of Business Venturing** 26, 341–358, 2011.

VEIGA, L.A.; ZANETTI, M.A.; E FAGGION, P.L. **Fundamentos de Topografia**. Apostila. Universidade Federal do Paraná, Curso de Engenharia Cartográfica, 2008.

VINCENT, Katharine. Uncertainty in adaptive capacity and the importance of scale. **Global Environmental Change** 17 12–24, 2007.

WANDERLEY, M. N. B. **Agricultura familiar e campesinato: rupturas e continuidade**. CPDA/UFRRJ, 2003.

WANDERLEY, M. N. B. **O Campesinato Brasileiro: uma história de resistência**. RESR, Piracicaba-SP, v. 52, Supl. 1, p. S025-S044, 2014.

WANDERLEY, M. N. B. **Raízes históricas do campesinato brasileiro**. XX Encontro anual da ANPOCS, GT 17 - Processos sociais agrários, Caxambu, MG, 1996.

APÊNDICES

APÊNDICE A – QUESTIONÁRIO – ENTREVISTA SEMIESTRUTURADA

Componentes de vulnerabilidade AR5 (IPCC, 2014)	Indicadores	Questionário
Sensibilidade	Número de idosos e crianças	De todos os moradores da casa, quantos são idosos (a partir de 60 anos) e crianças (de 0 a 12 anos)?
	Segurança alimentar	Você considera que todos os moradores da casa têm acesso regular e permanente a alimentos de qualidade e em quantidade suficiente?
	Diversidade de renda	Tem pessoas na família que trabalham fora? Quais são esses trabalhos?
	Histórico de seca agrícola	Os períodos de seca já afetaram a sua produtividade agrícola? Como por exemplo, causando danos às plantações, redução do crescimento e produção das culturas?
Capacidade Adaptativa	Taxa de participação no trabalho agrícola	Quantas pessoas da casa estão envolvidas com o trabalho agrícola?
	Taxa de alfabetização (com idade igual ou maior que 7 anos)	Quantas pessoas da casa são alfabetizadas? (com idade igual ou maior que 7 anos)
	Posse da terra	Sua família tem algum título de posse de terra?
	Bens domésticos	Você considera que na sua casa tem bens domésticos suficientes? (Ex.: eletrodomésticos)

Renda mensal	<p>Você poderia me informar, se quiser, de forma aproximada, qual é a renda média mensal da sua família?</p> <p>() Até 1 salário mínimo</p> <p>() Entre 1 e 2 salários mínimos</p> <p>() Entre 2 e 3 salários mínimos</p> <p>() Entre 3 e 5 salários mínimos</p> <p>() Mais de 5 salários mínimos</p>
Canais de comercialização/ acesso a mercados	Como vocês comercializam a produção? Participam de feiras ou outros tipos de comercialização?
Participação política	Vocês fazem parte de alguma associação ou cooperativa que promove a articulação política e os interesses do setor?
Fundo de gestão de desastres	Sua família possui acesso a fundos garantidos pelo governo, destinados a garantir a segurança e a manutenção da produção em caso de desastres climáticos ou ambientais, como secas prolongadas ou incêndios?
Acesso a esgotamento sanitário	Sua família tem acesso a serviços de saneamento, como água encanada e coleta de esgoto? ou utiliza outro tipo de sistema de saneamento, como fossa séptica?
Acesso à água potável segura	Na casa todos têm acesso à água potável?
Acesso à energia elétrica e internet	Como é o acesso à energia elétrica e à internet em sua casa? Você enfrenta dificuldades com cortes de luz ou falta de conexão?
Diversidade de cultivos	Quais são as culturas agrícolas cultivadas na propriedade?

Disponibilidade de seguros, investimentos e programas que protegem a produção agrícola	Vocês têm acesso a recursos investidos pelo governo ou por outras instituições, como linhas de crédito, financiamentos ou programas específicos como o PRONAF (Programa Nacional de Fortalecimento da Agricultura Familiar), ou o Programa de Aquisição de Alimentos (PAA), que garantam a proteção da produção agrícola e ao bem-estar da família?
Acesso a insumos e instrumentos de produção agrícola (Instalações de irrigação; acesso a fertilizantes e corretivos orgânicos para o solo)	Qual é aproximadamente a porcentagem da área irrigada em relação à área total cultivada? Vocês fazem uso de fertilizante ou outros corretivos para o solo? São orgânicos?
Estratégias locais para a redução de impactos em secas prolongadas	Quais são as estratégias/ medidas usadas em secas longas (prolongadas), como a desse ano (2024)? Vocês têm medidas para lidar com a falta de água?
Presença de áreas nativas e protegidas	Qual é a proporção de vegetação nativa em relação à área total do território? Tem áreas protegidas?