



UNIVERSIDADE ESTADUAL DE CAMPINAS
INSTITUTO DE FILOSOFIA E CIÊNCIAS HUMANAS

LUIZ GUSTAVO LOVATO

**A VITICULTURA EM PROJETOS PÚBLICOS DE IRRIGAÇÃO: VULNERABILIDADES
E DINÂMICAS SOCIOCLIMÁTICAS NA REGIÃO DE PETROLINA**

**VITICULTURE IN PUBLIC IRRIGATION PROJECTS: VULNERABILITIES AND SOCIO-
CLIMATIC DYNAMICS IN THE PETROLINA REGION (BRAZIL)**

Campinas
2024

LUIZ GUSTAVO LOVATO

A VITICULTURA EM PROJETOS PÚBLICOS DE IRRIGAÇÃO: VULNERABILIDADES E DINÂMICAS
SOCIOCLIMÁTICAS NA REGIÃO DE PETROLINA/JUAZEIRO

Tese apresentada ao Instituto de Filosofia e Ciências Humanas da Universidade Estadual de Campinas como parte dos requisitos exigidos para a obtenção do título de Doutor em Ambiente e Sociedade, na Área de Aspectos Sociais da Sustentabilidade e Conservação.

Orientador: Dr. Jurandir Zullo Junior
Coorientador: Dr. Roberto Luiz do Carmo

ESTE TRABALHO CORRESPONDE À VERSÃO FINAL DA TESE APRESENTADA PELO ALUNO LUIZ GUSTAVO LOVATO, E ORIENTADA PELO PROF. DR. JURANDIR ZULLO JUNIOR E PELO PROF. DR. ROBERTO LUIZ DO CARMO.

Campinas
2024

Ficha catalográfica
Universidade Estadual de Campinas (UNICAMP)
Biblioteca do Instituto de Filosofia e Ciências Humanas
Cecília Maria Jorge Nicolau - CRB 8/3387

L94v Lovato, Luiz Gustavo, 1989-
A viticultura em Projetos Públicos de Irrigação : vulnerabilidades e
dinâmicas socioclimáticas na região de Petrolina / Luiz Gustavo Lovato. –
Campinas, SP : [s.n.], 2024.

Orientador(es): Jurandir Zullo Junior.
Coorientador(es): Roberto Luiz do Carmo.
Tese (doutorado) – Universidade Estadual de Campinas (UNICAMP),
Instituto de Filosofia e Ciências Humanas.

1. Riscos ambientais. 2. Gestão de recursos hídricos. 3. Frutas . 4. Solos
irrigados . 5. Percepção. I. Zullo Junior, Jurandir, 1963-. II. Carmo, Roberto
Luiz do, 1966-. III. Universidade Estadual de Campinas (UNICAMP).
Instituto de Filosofia e Ciências Humanas. IV. Título.

Informações complementares

Título em outro idioma: Viticulture in Public Irrigation Projects : vulnerabilities and
socio-climatic dynamics in the Petrolina region (Brazil)

Palavras-chave em inglês:

Environmental risks

Management of water resources

Fruits

Irrigated soils

Perception

Área de concentração: Aspectos Sociais de Sustentabilidade e Conservação

Titulação: Doutor em Ambiente e Sociedade

Banca examinadora:

Jurandir Zullo Junior [Orientador]

Ramon Felipe Bicudo da Silva

Priscila Pereira Coltri

Monica Aparecida Tomé Pereira

Marco Antonio Fonseca Conceição

Data de defesa: 05-12-2024

Programa de Pós-Graduação: Ambiente e Sociedade

Identificação e informações acadêmicas do(a) aluno(a)

- ORCID do autor: <https://orcid.org/0000-0002-0409-8848>

- Currículo Lattes do autor: <http://lattes.cnpq.br/6842345191148583>



UNIVERSIDADE ESTADUAL DE CAMPINAS
INSTITUTO DE FILOSOFIA E CIÊNCIAS HUMANAS

A Comissão Julgadora dos trabalhos de Defesa de Tese de Doutorado, composta pelos Professores Doutores a seguir descritos, em sessão pública realizada em 05 de dezembro de 2024, considerou o candidato Luiz Gustavo Lovato aprovado.

Dr. Jurandir Zullo Junior (Presidente)

Dr. Ramon Felipe Bicudo da Silva (NEPAM/UNICAMP)

Dra. Priscila Pereira Coltri (CEPAGRI/UNICAMP)

Dra. Monica Aparecida Tomé Pereira (UNIVASF)

Dr. Marco Antonio Fonseca Conceição (Embrapa)

A Ata da Defesa com as respectivas assinaturas dos membros encontra-se no SIGA/Sistema de Fluxo de Dissertação/Tese e na Secretaria do Programa de Pós-Graduação em Ambiente e Sociedade do Instituto de Filosofia e Ciências Humanas.

*Àqueles que se jogam com afinco
em busca de algo que nem sempre
toma forma, que aprendem e
ensinam, que enxergam em você e
em mim a natureza, e que
renovam, pensando, as próprias
certezas.*

AGRADECIMENTOS

O presente trabalho foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - Brasil (CAPES) - Código de Financiamento 001 (processo nº 88887.488799/2020-00). Agradeço à CAPES também pelos recursos PROAP e PROEX de auxílio à pesquisa de campo.

Ao meu orientador Dr. Jurandir Zullo Junior, pela generosidade, apoio, incentivo e pela demonstração de tato e humildade ao transmitir toda a sua experiência e sabedoria. És exemplo e inspiração.

Ao coorientador dessa pesquisa Dr. Roberto Luiz do Carmo, pela gentileza, atenção e calma com que ouviu, orientou e transmitiu seu grande conhecimento em meio aos desafios e caminhos possíveis da tese.

Aos queridos colegas da turma 2020 do Doutorado em Ambiente e Sociedade, companheiros nas intermináveis horas de tela ao longo da difícil jornada pandêmica: Amasa Ferreira Carvalho, Ana Paula Leal Pinheiro Cruz, Axel Bastián Poque Gonzáles, Dario Rocha Falcon, Felipe Barbosa Bertuluci, Guilherme de Sousa Lobo, Henrique Simões de Carvalho Costa, Januaria Pereira Mello e Nathalia Moreira dos Santos.

Aos professores da disciplina de Seminários de Tese David Montenegro Lapola e Roberto Donato da Silva Júnior, pela paciência, acolhimento e, por vezes, uma necessária rigidez em relação ao fazer acadêmico. Saber distinguir críticas propositivas daquelas fundamentadas em “mágoas menores”, como diria o Prof. Donato. Assim tentei praticar no decorrer deste trabalho.

À Monica Aparecida Tomé Pereira, pelo auxílio e acolhida em Juazeiro. Sem você e o Paulo Jose Pereira, com certeza a pesquisa de campo teria sido muito mais desafiadora do que foi.

À Adriana Ribeiro de Mendonça, que desenrolou as normas e instruções do NEPAM e indicou caminhos para viabilizar a pesquisa e a defesa da tese.

Às pessoas com quem troquei mensagens, chamei ao telefone ou vídeo, visitei pessoalmente e “filei” um cafezinho. O sentimento de gratidão também se estende àquelas pessoas que não conheço, mas que benevolmente publicizam suas doses de conhecimento na forma de scripts, packages, softwares, dashboards e tutoriais, os quais servem como atalhos e, em casos fortuitos, verdadeiros trampolins metodológicos. Dessas interações

surgiram insights, direcionamentos, indicações e aprendizados que, de alguma forma, estão registrados neste documento. Obrigado: Alberto do Nascimento Silva, Ana Paula Barros, Brian R. Gaines, Caroline Malagutti Fassina, Cláudio Ademar da Silva, Daniel Assumpção Costa Ferreira, Dimar Serra Siqueira, Elijalma Augusto Beserra, Fernando Passero, Genival Barros Filho, Hugo Tameirão Seixas, Jaqueline Nichi, João Paulo da Silva, Jorge Tonietto, José Figueiredo, Leonardo Pretto de Azevedo, Lucila Ishitani, Marcelo Rezende Calça Soeira, Marco Antônio Fonseca Conceição, Mildred L. G. Shaw, Priscila Pereira Coltri, Rafael Vinícius São José, Ramon Felipe Bicudo da Silva, Rodrigo Formolo, Sebastião Wilson Tivelli, Shana Sampaio Sieber, Teotonio M. da Silva Filho, Thiago Henriques Fontenelle, Welson Lima Simões, William Becker.

Obrigado pai e mãe, Marino e Salete, pelo apoio irrestrito desde sempre. Obrigado Marina, pela torcida incansável. E muito obrigado Ana Carolina, por todo amor e paciência durante esse longo processo.

Valeu!

“Pois porém, ao fim retomo, emendo o que vinha contando. A ser que, de campinas a campos, por morros, areiões e varjas, o Sesfrêdo e eu chegamos no Marcavão. Antes de lá, inchou o tempo, para chover. Chuva de desenraizar todo pau, tromba: chuvão que come terra, a gente vendo. Quem mede e pesa esses demais d'água? Rios foram se enchendo. Apeamos no Marcavão, beira do do-Sono. Medeiro Vaz morreu, naquele país fechado. Nós chegamos em tempo.”

Riobaldo em *Grande Sertão: Veredas*
João Guimarães Rosa

RESUMO

O semiárido brasileiro enfrentou entre 2011-2019 a mais severa seca dos últimos 60 anos. Esses recorrentes períodos de seca podem ter suas frequências e intensidades aumentadas pelas mudanças climáticas. Na divisa dos estados da Bahia e de Pernambuco, no Vale do Submédio do Rio São Francisco (VASF), localiza-se a região de Petrolina/Juazeiro, reconhecida pela produção de uvas. Essa atividade é dependente de tecnologias de irrigação e dos recursos hídricos fornecidos pela bacia do Rio São Francisco. **O objetivo desta tese** foi analisar como o período de seca de 2011-2019 afetou as vulnerabilidades e as dinâmicas socioclimáticas relacionadas à atividade vitícola e aos viticultores dos Projetos Públicos de Irrigação (PPIs) Bebedouro e Nilo Coelho. Para isso empregou-se uma **análise integrada** (indicadores biofísicos e socioeconômicos, qualitativos e quantitativos), com a aplicação de **métodos mistos de pesquisa**.

A **Introdução** e o **Capítulo 1** trazem uma extensa contextualização do desenvolvimento da viticultura irrigada na região, bem como da estrutura de gestão dos PPIs e a caracterização do período de seca. O **Capítulo 2** apresenta as abordagens teóricas que embasam os métodos empregados na pesquisa.

O **Capítulo 3** analisa as diferentes perspectivas dos atores da região em relação aos modos de uso da água pelos viticultores, alcançada por meio das seguintes técnicas participativas: Repertory Grid Technique (RGT) e Participatory Rural Appraisal (PRA). **Resultados:** em secas extremas, como a observada de 2011 a 2019, estratégias emergenciais foram adotadas quando os agricultores assumiram que a falta de água era um problema coletivo. Embora abordada como um aspecto importante pela administração pública, a cooperação entre produtores de uva, atualmente, está mais relacionada a fins comerciais do que ao aumento da capacidade adaptativa das práticas agrícolas a eventos climáticos extremos. Os gestores distritais, por sua vez, deixam claro que o papel dos distritos é apenas disponibilizar água, e quem decide como melhor alocá-la é o agricultor. Do ponto de vista dos produtores de uva, ainda predominam decisões empíricas em vez de decisões baseadas em dados, que, por sua vez, são bem vistas pelos pesquisadores. Em relação à viticultura, as estações com chuvas intensas são percebidas como mais negativas do que as estações secas extremas. E, o risco de falta d'água é percebido como uma possibilidade remota.

O **Capítulo 4** operacionaliza o conceito de vulnerabilidade para indicar níveis e diferenças de exposição, sensibilidade e capacidade adaptativa à seca dos PPIs Bebedouro e Nilo Coelho. **Resultados:** no período de 2011 a 2019 o Reservatório de Sobradinho chegou a 1% de seu volume útil, mas o impacto não foi observado nos PPIs. No geral, a produtividade e o valor da produção de uvas aumentaram durante a seca. No entanto, dentro dos PPIs, o Índice de Sensibilidade indicou que Bebedouro foi mais sensível do que Nilo Coelho. Além disso, os vinhedos administrados por pequenos produtores foram mais sensíveis do que aqueles administrados por empresas. A análise dos dados disponíveis evidenciou o paradoxo existente no VASF, onde uvas e outras culturas intensivas em necessidades hídricas continuam crescendo apesar dos alertas relacionados à diminuição da precipitação e ao aumento da temperatura até o final deste século.

Embora o contexto atual do cultivo de uvas de mesa na VASF pareça não levantar questões climáticas urgentes, a implementação de ações de adaptação às mudanças do clima não deve ser subestimada.

Palavras-chave: risco climático, gestão de recursos hídricos, fruticultura irrigada, percepção

ABSTRACT

Between 2011 and 2019, the Brazilian semiarid region faced the most severe drought in the last 60 years. These recurring periods of drought may increase in frequency and intensity due to climate change. On the border between the states of Bahia and Pernambuco, in the São Francisco River Valley (SFRV), is the Petrolina/Juazeiro region, recognized for its grape production. This activity depends on irrigation technologies and water resources provided by the São Francisco River basin. **The objective of this thesis** was to analyze how the 2011-2019 drought period affected the vulnerabilities and socioclimatic dynamics related to viticulture and grape growers in the Bebedouro and Nilo Coelho Public Irrigation Projects (PIPs). To this end, an **integrated analysis** (biophysical and socioeconomic indicators, qualitative and quantitative) was used, with the application of **mixed research methods**.

Introduction and Chapter 1 provide an extensive contextualization of the development of irrigated viticulture in the region, as well as the management structure of the PIPs and the characterization of the drought period. **Chapter 2** presents the theoretical approaches that support the methods used in the research.

Chapter 3 analyzes the different perspectives of the actors in the region about how water is used by winegrowers, achieved through the following participatory techniques: Repertory Grid Technique (RGT) and Participatory Rural Appraisal (PRA). **Results:** in extreme droughts, such as the one observed from 2011 to 2019, emergency strategies were adopted when farmers assumed that the lack of water was a collective problem. Although addressed as an important aspect by the public administration, cooperation between grape growers is currently more related to commercial purposes than to increasing the adaptive capacity of agricultural practices to extreme climate events. District managers, in turn, make it clear that the role of districts is only to make water available, and it is the farmer who decides how best to allocate it. From the perspective of grape growers, empirical decisions still predominate rather than data-based decisions, which, in turn, are well-received by researchers. Regarding viticulture, seasons with heavy rainfall are perceived as more negative than extreme dry seasons. And the risk of water shortages is perceived as a remote possibility.

Chapter 4 operationalizes the concept of vulnerability to indicate levels and differences in exposure, sensitivity, and adaptive capacity to drought in the PIPs Bebedouro and Nilo Coelho. **Results:** from 2011 to 2019, the Sobradinho Reservoir reached 1% of its useful volume, but the impact was not observed in the PIPs. Overall, productivity and the value of grape production increased during the drought. However, within the PIPs, the Sensitivity Index indicated that Bebedouro was more sensitive than Nilo Coelho. Furthermore, vineyards managed by smallholders were more sensitive than those managed by companies. The analysis of the available data highlighted the paradox that exists in the SFRV, where grapes and other water-intensive crops continue to grow despite warnings related to decreased precipitation and increased temperatures by the end of this century.

Although the current context of table grape cultivation in the SFRV does not seem to raise urgent climate issues, the implementation of actions to adapt to climate change should not be underestimated.

Keywords: climate risk, water resource management, irrigated fruit farming, perception

LISTA DE FIGURAS

Introdução

Figura 1. Fluxograma da estrutura da tese (p. 34)

Capítulo 1

Figura 1.1. Delimitação do semiárido (p. 39)

Figura 1.2. Classificação climática de Köppen para o Brasil (p. 40)

Figura 1.3. Mapa das mesorregiões hidrográficas do São Francisco (p. 44)

Figura 1.4. Relação da UHE Sobradinho (1979) com a vazão do Rio São Francisco à sua jusante (1929-2023) (p. 45)

Figura 1.5. Vinhedo de uva de mesa no PPI Nilo Coelho (p. 51)

Figura 1.6. Modelo de calendário produtivo de uvas de mesa de ciclo precoce (90 dias) e tardio (120 dias) no Vale do São Francisco (p. 53)

Figura 1.7. Mapa de localização das microrregiões hidrográficas do Submédio do São Francisco (p. 57)

Figura 1.8. Mapa de localização dos Projetos Públicos de Irrigação na região de Petrolina/Juazeiro (p. 58)

Figura 1.9. Mapa de localização dos Projetos Públicos de Irrigação Bebedouro e Nilo Coelho (p. 59)

Figura 1.10. Pórticos dos Distritos de Irrigação Bebedouro e Nilo Coelho (p. 60)

Figura 1.11. Climograma para Bebedouro, Petrolina-PE no período 2010-2022 (p. 69)

Figura 1.12. Anomalias de precipitação (%) para os anos mais secos e mais chuvosos em Petrolina/Juazeiro desde 2011 – referência 1981-2010 (p. 71)

Figura 1.13. Anomalias de precipitação (%) para três anos mais chuvosos em Petrolina/Juazeiro desde 2011 – referência 1981-2010 (p. 72)

Capítulo 2

Figura 2.1. Proposta de quadro analítico da vulnerabilidade socioclimática à seca (p. 80)

Chapter 3

Figure 3.1. Map of study area São Francisco River Valley (SFRV) (p. 93)

Figure 3.2. Relative frequency for constructs allocation into categories, grouped by interviewees' professional activities (p. 105)

Figure 3.3. Cluster analysis of constructs (rows) and elements (columns) with high similarities among all grids (p. 111)

Figure 3.4. Principal Components Analysis (PCA) for the mode grid (p. 112)

Figure 3.5. Composite of the climatic calendars indicating rainy and dry seasons for normal and extreme weather conditions (n = 17) (p. 115)

Chapter 4

Figure 4.1. Study area map (p. 136)

Figure 4.2. Socio-climatic vulnerability analytical framework (p. 137)

Figure 4.3. Steps and methods for index construction (p. 145)

Figure 4.4. Sobradinho Reservoir volume (%), daily values for the period 2000-2023 (p. 150)

Figure 4.5. Precipitation (%) and mean temperature (°C) anomalies in the Public Irrigation Projects Bebedouro and Nilo Coelho (period of reference: 2004-2023) (p. 151)

Figure 4.6. Technical coefficient of water use for irrigated table grapes in Petrolina, PE, Brazil, considering 120 days productive cycles ($\text{m}^3 \text{h}^{-1} \text{ha}^{-1}$) (p. 152)

Figure 4.7. Cultivated area (ha) and grape production (ton) in PIPs Bebedouro and Nilo Coelho for the period 2002-2022 (p. 156)

Figure 4.8. Relationship between production value (R\$/ton) and productivity (ton/ha) of grapes in Bebedouro and Nilo Coelho from 2010 to 2022 for companies, smallholders and total (p. 158)

Figure 4.9. Sensitivity Index (0 to 1) for grape growing in PIPs Bebedouro and Nilo Coelho by type of farmer (p. 159)

Figure 4.10. Sensitivity Index (0 to 1) for Bebedouro and Nilo Coelho from 2010 to 2022 by type of farming (p. 159)

Figure 4.11. Proportion of area (ha) by type of irrigation system (2012 to 2023) in Nilo Coelho (p. 160)

Figure 4.12. Proportion of area (ha) by type of irrigation system (2023) in Bebedouro (p. 161)

Figure 4.13. Total water withdrawal (103m³) by PIP Bebedouro (2002-2023) (p. 162)

Figure 4.14. Total water withdrawal (103m³) by PIP Nilo Coelho (2005-2022) (p. 162)

LISTA DE QUADROS E TABELAS

Capítulo 1

Quadro 1.1. Síntese dos principais fatos históricos relacionados à viticultura e aos projetos públicos de irrigação no Vale do São Francisco (p. 65)

Quadro 1.2. Referências utilizadas no quadro sobre a cronologia dos fatos históricos (p. 68)

Tabela 1.1. Médias de precipitação e temperatura anuais em Bebedouro para o período 2004-2022 e outros recortes (p. 70)

Capítulo 2

Quadro 2.1. Tipologias da seca (p. 86)

Chapter 3

Table 3.1. Profile of participants (n = 17) (p. 98)

Table 3.2. Elements applied to Repertory Grid Technique (RGT) (p. 99)

Table 3.3. Constructs categorization and differential analysis (p. 103)

Table 3.4. Top-3 dry and rainy years mentioned by interviewees (n = 17) (p. 116)

Table 3.5. Main impacts (positive and negative) perceived by interviewees in the driest years on general (yellow) and grape growing aspects (purple) (n = 17) (p. 118)

Table 3.6. Main impacts (positive and negative) perceived by interviewees in the rainiest years on general (yellow) and grape growing aspects (purple) (n = 17) (p. 119)

Chapter 4

Table 4.1. Variables selected to compose the sensitivity index (p. 146)

Table 4.2. Monthly effective precipitation, water demand, and deficit of water consumption for table grapes in Petrolina ($L s^{-1} ha^{-1}$) (p. 153)

Table 4.3. Technical coefficient of water use for irrigated table grapes in Petrolina, PE, Brazil, considering 120 days productive cycles ($m^3 h^{-1} ha^{-1}$) (p. 154)

Table 4.4. Summary of growth rates for all indicators considering averages for 2002-2010 and 2011-2019 (p. 157)

Capítulo 5

Quadro 5.1. Respostas às perguntas, objetivos e hipóteses da pesquisa (p. 179)

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

AL – Alagoas

ANA - Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico

BA – Bahia

CEMADEN - Centro Nacional de Monitoramento e Alerta de Desastres

CHESF - Companhia Hidrelétrica do Nordeste

CNRH - Conselho Nacional de Recursos Hídricos

CODEVASF - Companhia de Desenvolvimento dos Vales do São Francisco e do Parnaíba

CONAB - Companhia Nacional de Abastecimento

CONAVIN - Conselho Nacional da Vitivinicultura

CONDEL - Conselho Deliberativo da Superintendência do Desenvolvimento do Nordeste (SUDENE)

CPATSA - Centro de Pesquisa Agropecuária do Trópico Semiárido

CVSF - Comissão do Vale do São Francisco

DIB – Distrito de Irrigação Bebedouro

DINC – Distrito de Irrigação Nilo Coelho

DNOCS - Departamento de Obras Contra as Secas

ECE - eventos climáticos extremos

Embrapa – Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária

ENSO - El Niño South Oscillation

ET – evapotranspiração

FAO - Food and Agriculture Organization of the United Nations

GEE – gases de efeito estufa

GISF - Grupo de Irrigação do São Francisco

GWP - Global Water Partnership

IAC – Instituto Agrônomo de Campinas

IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística

ID - irrigation district

IDH – Índice de Desenvolvimento Humano

IFCH – Instituto de Filosofia e Ciências Humanas

IIS - índice integrado de seca

INCRA – Instituto Nacional de Colonização e Reforma Agrária

INMET - Instituto Nacional de Meteorologia

INPI – Instituto Nacional de Propriedade Intelectual

IP – Indicação de Procedência

IPCC – Intergovernmental Panel on Climate Change

IOCS - Inspetoria de Obras Contra as Secas

LAI - Leaf Area Index

NEB – Nordeste do Brasil

NEPAM – Núcleo de Estudos e Pesquisas Ambientais

MG – Minas Gerais

MI - Ministério da Integração Nacional

MIDR - Ministério da Integração e do Desenvolvimento Regional

MST - Movimento dos Trabalhadores Sem Terra

ODS - Objetivos do Desenvolvimento Sustentável

OIV - Organização Internacional da Vinha e do Vinho

ONU - Organização das Nações Unidas

PAC 2 - Programa de Aceleração do Crescimento

PCT - Personal Construct Theory

PE - Pernambuco

PI – perímetro irrigado

PIP - Public Irrigation Projects

PISF - Projeto de Integração do Rio São Francisco com bacias hidrográficas do Nordeste Setentrional

POA – Plano Operativo Anual

PPI - projeto público de irrigação

PRA - Participatory Rural Appraisal

Proagro - Programa de Garantia da Atividade Agropecuária

PSR - Programa de Subvenção ao Prêmio do Seguro Rural

RGT - Repertory Grid Technique

RH – região hidrográfica

RiSAF - Risco de Seca na Agricultura Familiar

SDTF - seasonally dry tropical forest

SE – Sergipe

SFRV - São Francisco River Valley

SPI - standardized precipitation index

SPEI - standardized precipitation evapotranspiration index

SUDENE - Superintendência do Desenvolvimento do Nordeste

SUVALE - Superintendência do Vale do São Francisco

UHE – usina hidrelétrica

UNICAMP – Universidade Estadual de Campinas

VALEEXPORT - Associação dos Produtores e Exportadores de Hortigranjeiros e Derivados do Vale do São Francisco

VBP – Valor Bruto da Produção

VASF - Vale do Submédio Rio São Francisco

VHI – vegetation health index

WMO - World Meteorological Organization

ZARC - Zoneamento Agrícola de Risco Climático

ZCIT - Zona de Convergência Intertropical

LISTA DE SÍMBOLOS E UNIDADES

10^3m^3 – mil metros cúbicos

$^{\circ}\text{C}$ – graus Celsius, unidade de temperatura

AWC - available water capacity

BSh - conforme a classificação climática de Köppen, é o clima de tipo seco semiárido de baixa latitude e altitude

Ea - irrigation system efficiency

ET_0 - potential evapotranspiration

ET_{pc} - potential crop evapotranspiration

ET_{rc} - real evapotranspiration for table grapes

f - dimensionless water availability factor

ha – hectare

Kc - table grape coefficient

Ks - soil moisture coefficient

kg/ano – quilograma por ano

km – quilômetro

km^2 – quilômetro quadrado

L/ano – litros por ano

$\text{L s}^{-1} \text{ha}^{-1}$ – liter per second per hectare

mm – milímetro

$\text{m}^3 \text{h}^{-1} \text{ha}^{-1}$ – metro cúbico por hora por hectare

$\text{m}^3 \text{m}^{-3}$ – metro cúbico por metro cúbico

m^3/s – metro cúbico por segundo

Pe - effective precipitation

R\$ - real

SF - soil water storage factor

SI - Sensitivity Index

t - tonelada

T_{ANN} – temperatura média anual, utilizada na classificação climática de Köppen

t/ha – tonelada por hectare

US\$ - dólar estado-unidense

Z - effective depth of the crop root system

SUMÁRIO

APRESENTAÇÃO.....	24
<u>OLHO D'ÁGUA (INTRODUÇÃO).....</u>	<u>26</u>
1. INTRODUÇÃO	27
2. PERGUNTAS DE PESQUISA	30
3. OBJETIVOS	30
4. HIPÓTESES DE PESQUISA	31
5. JUSTIFICATIVA	31
6. ESTRUTURA DA TESE	33
<u>CAPÍTULO 1 – MARGENS.....</u>	<u>36</u>
1. CONTEXTO – ONDE E QUANDO	37
1.1. O SEMIÁRIDO BRASILEIRO	37
1.2. A BACIA E A REGIÃO HIDROGRÁFICA DO SUBMÉDIO DO SÃO FRANCISCO	41
1.3. A VITICULTURA NO VALE DO SUBMÉDIO DO SÃO FRANCISCO	47
1.4. OS PROJETOS PÚBLICOS DE IRRIGAÇÃO BEBEDOURO E NILO COELHO	54
1.5. LINHA DO TEMPO RESUMIDA DA VITICULTURA IRRIGADA (1542-2013)	64
1.6. O PERÍODO 2010-2022.....	68
<u>CAPÍTULO 2 – CORRENTEZA</u>	<u>75</u>
2. ABORDAGENS TEÓRICAS	76
2.1. VULNERABILIDADE SOCIOCLIMÁTICA	77
2.2. PERSONAL CONSTRUCT THEORY (PCT)	82
2.3. A SECA.....	85
<u>CHAPTER 3 – NO WATER, NO GRAPES - MAPPING WATER MANAGEMENT PERSPECTIVES FOR TABLE GRAPES PRODUCTION UNDER IRRIGATION IN THE SÃO FRANCISCO RIVER VALLEY, BRAZIL.....</u>	<u>90</u>
ABSTRACT	90
3.1. INTRODUCTION.....	91

3.2. THEORETICAL APPROACH	94
3.2.1. PERSONAL CONSTRUCT THEORY (PCT)	94
3.2.2. ADAPTATION OF VITICULTURE TO CLIMATE CHANGE	95
3.3. METHOD AND DATA	96
3.3.1. SOCIO-DEMOGRAPHICS	97
3.3.2. REPERTORY GRID TECHNIQUE (RGT)	98
3.3.2. PARTICIPATORY RURAL APPRAISAL (PRA) – CLIMATIC CALENDAR	100
3.4. RESULTS	101
3.4.1. SAME TOPIC, DIFFERENT PERSPECTIVES.....	101
3.4.2. THE MAIN DIMENSIONS OF IRRIGATION MANAGEMENT IN TABLE GRAPES PRODUCTION	109
3.4.3. CLIMATE RISK PERCEPTION	114
3.5. DISCUSSION	122
3.6. CONCLUSIONS	125
REFERENCES	126

CHAPTER 4 – SOCIO-CLIMATIC VULNERABILITY OF IRRIGATED VITICULTURE TO DROUGHT IN THE SEMI-ARID REGION OF BRAZIL

132

ABSTRACT	132
4.1. INTRODUCTION.....	133
4.2. METHODS	135
4.2.1. STUDY AREA	135
4.2.2. VULNERABILITY ANALYTICAL FRAMEWORK	137
4.2.3. THE EXPOSURE DIMENSION OF VULNERABILITY	138
4.2.3.1. The volume of Sobradinho Dam’s reservoir.....	139
4.2.3.2. Precipitation and temperature anomalies	139
4.2.3.3. Technical coefficient of water use for irrigated viticulture.....	141
4.2.4. THE SENSITIVITY DIMENSION OF VULNERABILITY	144
4.2.5. THE ADAPTIVE CAPACITY DIMENSION OF VULNERABILITY	147
4.3. RESULTS	149
4.3.1. EXPOSURE.....	149
4.3.2. SENSITIVITY	154
4.3.3. ADAPTIVE CAPACITY	160
4.4. DISCUSSION	163
4.5. CONCLUSIONS	165

REFERENCES	166
<u>CAPÍTULO 5 – FUNDEAR.....</u>	<u>173</u>
5.1. CONSIDERAÇÕES FINAIS	174
5.2. LIMITAÇÕES DO ESTUDO	181
5.3. SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS.....	182
<u>REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS (INTRODUÇÃO E CAPÍTULOS 1, 2 E 5)</u>	<u>184</u>
<u>APÊNDICE I.....</u>	<u>195</u>
<u>APÊNDICE II.....</u>	<u>197</u>
<u>APÊNDICE III</u>	<u>200</u>
<u>APÊNDICE IV.....</u>	<u>201</u>
<u>APÊNDICE V.....</u>	<u>217</u>
<u>APÊNDICE VI.....</u>	<u>237</u>
<u>APÊNDICE VII.....</u>	<u>246</u>
<u>APÊNDICE VIII.....</u>	<u>247</u>
<u>APÊNDICE IX.....</u>	<u>252</u>
<u>APÊNDICE X.....</u>	<u>258</u>
<u>ANEXO I</u>	<u>259</u>
<u>ANEXO II</u>	<u>263</u>
<u>ANEXO III</u>	<u>264</u>

ANEXO IV	266
-----------------------	------------

APRESENTAÇÃO

Mais de quatro anos, uma pandemia global e pelo menos oito colheitas “são-franciscanas” se passaram desde meu ingresso no Doutorado em Ambiente e Sociedade (NEPAM/IFCH/UNICAMP). Ainda assim, neste documento é possível encontrar alguns resquícios do projeto de pesquisa submetido para o processo de seleção do doutorado, ocorrido no final de 2019. Dentre as motivações primeiras que levaram à proposta de pesquisa, estava o que eu havia vislumbrado como um desdobramento da minha dissertação de mestrado – à qual dediquei uma análise de certificações para emissões de gases de efeito estufa (GEE) para alimentos. Desde então, o “guarda-chuva” que abriga os escopos investigativos de meu interesse é estampado com o grande tema “agricultura e mudanças climáticas”.

Com os dois pés ainda na dissertação, mas já ensaiando um longo passo em direção a uma possível tese, fermentava em mim o interesse por recursos teóricos e metodológicos ancorados em abordagens sistêmicas. Isso me levou a leituras sobre Climate-Smart Agriculture¹, conceito trabalhado pela Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO). Nesse primeiro momento, termos relacionados à resiliência socioeconômica, capacidade adaptativa, mitigação, sequestro de carbono e segurança alimentar já se tornavam familiares.

No entanto, foi o artigo de W. N. Adger² que abriu as portas para a cristalização de uma noção não só sistêmica, mas também, e sobretudo, relacional. E essa relação me é apresentada pelo binômio humano-natureza e todas as celeumas, agruras e, por vezes, desastres que derivam dessas interações. É nesse artigo que me atenho um tanto mais à essência polissêmica do conceito de vulnerabilidade e também aos modelos conceituais passíveis de serem aplicados em análises de sistemas socioecológicos, e percebo nessas concepções um arcabouço vasto para abordar conflitos socioambientais derivados da produção agrícola. Tomo a liberdade de transcrever um comentário que Adger faz nesse artigo ao abordar eventos extremos, o qual, não por coincidência, ajuda a corroborar esta tese que empreendo:

¹ Para mais sobre o conceito sugere-se: LIPPER, L. et al. Climate-smart agriculture for food security. **Nature Climate Change**, v. 4, n. 12, p. 1068–1072, 1 dez. 2014.

² ADGER, W. N. Vulnerability. **Global Environmental Change**, v. 16, p. 268–281, 2006.

While policy-makers always express surprise at events, many of these are predictable or at least 'imaginable'. Yet vulnerability persists, due both to inherent unpredictability in some physical systems, but also because of ideological blocks to perceiving certain risks. (ADGER, 2006, p. 276)

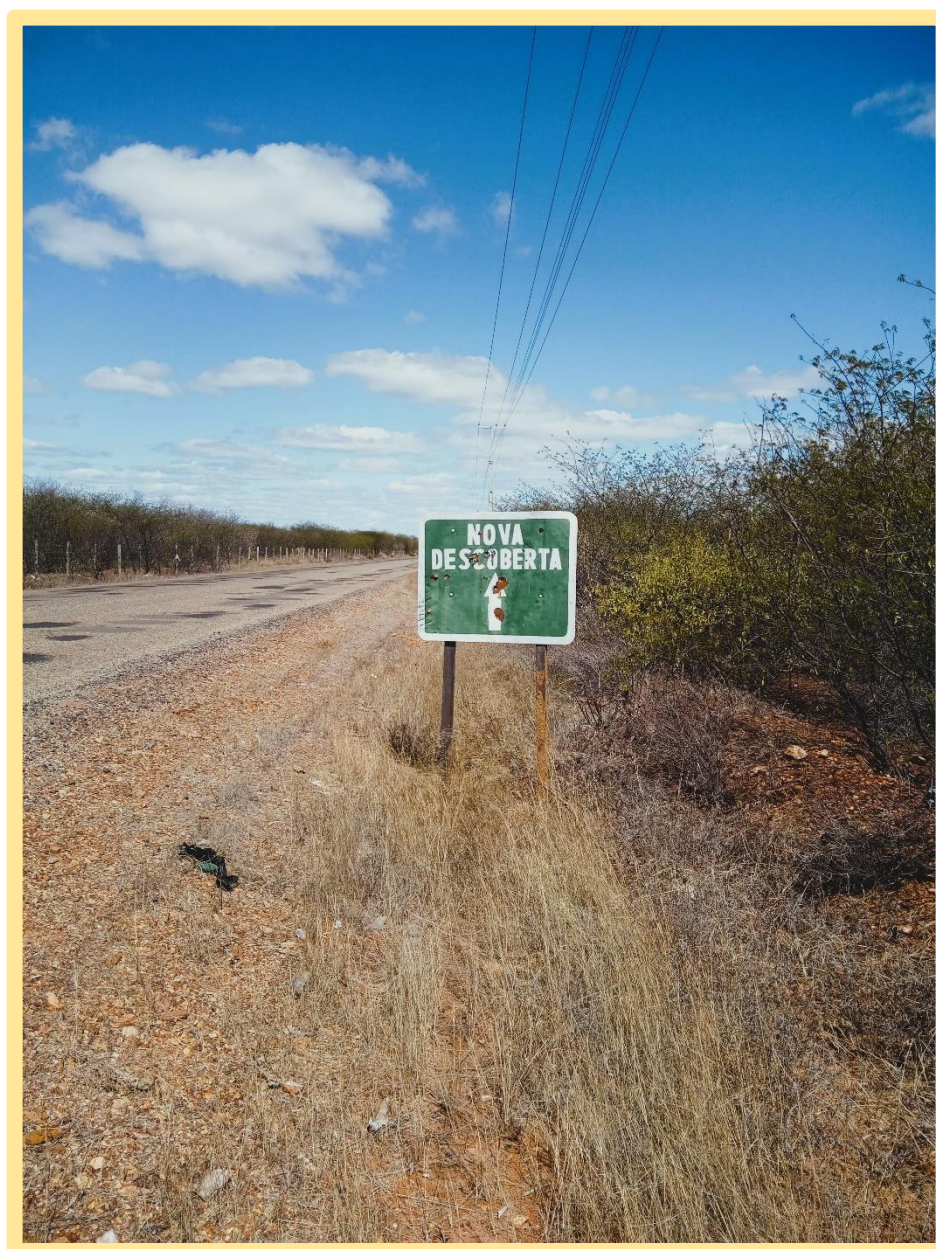
Ao longo da realização das disciplinas do doutorado, todos esses termos, conceitos, teorias e metodologias já não me pareciam tão alheios, e foram sedimentando, não aos poucos, parcimoniosamente. Mas sim aos solavancos, como imagino, deve acontecer com qualquer um em qualquer experiência de pós-graduação.

Embora um tanto tortuosa e difícil de explicar para os pares, amigos e familiares, perseguir a formação interdisciplinar tem me levado para lugares inesperados e trazido o enlevo que somente novas descobertas são capazes de fazer surgir. Ao longo dessa duradoura visita guiada às galerias da sociologia, antropologia, demografia, climatologia, ecologia, psicologia e agronomia, retorno à base. Meu histórico formativo e experiencial (em viticultura e enologia) me leva para os projetos públicos de irrigação de Petrolina/Juazeiro, região reconhecida pela produção de uvas, e que ostenta um terroir único no mundo: a viticultura praticada em uma região semiárida e também tropical. Que induz videiras a produzir mais de duas safras ao ano, mas sem a ocorrência de frio. Que tem no verde vicejante das frutas originárias de climas distintos a cor de um oásis repentino, a qual contrasta com o cinza resoluto da caatinga. É esse aparente paradoxo entre a abundância hídrica dos perímetros irrigados e a escassez do mesmo recurso nas bacias tributárias, perturbado por secas cada vez mais intensas e prolongadas, que tem me intrigado. A esses e outros atinos é endereçada essa tese.

Para replicação das análises empreendidas nesta tese, favor acessar e citar os dados depositados em: <https://doi.org/10.25824/redu/SLIJ6M>.

Campinas, SP, primavera de 2024.

OLHO D'ÁGUA (INTRODUÇÃO)



Projeto Público de Irrigação Bebedouro, Petrolina, PE, Brasil. Agosto de 2023. Placa indicando o caminho para a localidade de Nova Descoberta, cujo surgimento decorre da implantação dos projetos de irrigação e da demanda de mão-de-obra gerada pela agricultura irrigada na região. (Arquivo pessoal).

1. Introdução

O semiárido nordestino brasileiro é atingido pela ocorrência sistêmica de secas (CUNHA et al., 2019; REBOITA et al., 2016). A seca caracteriza-se por um déficit de precipitação pluviométrica que se estende por um longo período no tempo, resultando em escassez hídrica que pode atingir funções ecossistêmicas, pessoas e atividades econômicas (MARENGO; TORRES; ALVES, 2017). O clima da região semiárida brasileira é seco e quente, caracterizado por períodos anuais com duração de 8 a 10 meses em que há déficit hídrico – definido por taxas de evapotranspiração (ET) superiores à precipitação pluviométrica (ARAUJO; TEIXEIRA; BASSOI, 2019).

Os possíveis e factuais impactos das secas podem ser evidenciados tanto na produção agropecuária, compreendendo desde a alteração da fenologia de plantas até efeitos fisiológicos em animais (ASSAD et al., 2016), quanto nos aspectos socioeconômicos de comunidades rurais. Àqueles dependentes da atividade agrícola, os efeitos observados e potenciais vão desde a diminuição da renda ou da disponibilidade de alimentos produzidos para subsistência até a causa de fluxos migratórios (CORREIA; BARBIERI, 2019; PEREDA; ALVES, 2018).

Entre os anos de 2011 e 2019, todas as regiões do Brasil, com exceção da região Sul, enfrentaram secas severas, as quais produziram impactos sociais, econômicos e ambientais consideráveis. Para esse período, a Bacia Hidrográfica do Rio São Francisco - a mais importante da região Nordeste do Brasil (NEB) - na altura do reservatório de Sobradinho, apresentou uma redução de 44% da sua vazão em relação à sua média histórica, atingindo apenas 1% da capacidade do reservatório em 2015 (CUNHA et al., 2019). Os mesmos autores relatam que entre 2012 e 2017, cerca de 6 milhões de pequenos agricultores (valor acumulado para o período) do NEB enfrentaram perda de produtividade, restrição de renda e, em alguns casos, preocupantes condições de insegurança alimentar.

De modo a dirimir essa condição extrema, a implantação dos projetos públicos de irrigação (PPIs) surge como uma estratégia adaptativa relevante para a viabilização de atividades agrícolas cujo fator limitante é a disponibilidade hídrica (ORTEGA; SOBEL, 2010; SILVEIRA et al., 2018). A produção de frutas nos PPIs é viabilizada por tecnologias de irrigação

dependentes dos recursos hídricos pluviais, fluviais e provenientes de reservatórios artificiais – sendo o Rio São Francisco a principal fonte de abastecimento.

O principal polo de desenvolvimento do Vale do Submédio do Rio São Francisco (VASF) é o Polo Petrolina/Juazeiro. Esses dois municípios, situados nos estados de Pernambuco (PE) e da Bahia (BA), respectivamente, têm na viticultura uma de suas principais atividades econômicas. Outros seis municípios compõem esse Polo: Lagoa Grande, Santa Maria da Boa Vista e Orocó (todos em PE); Sobradinho, Casa Nova e Curaçá (esses na BA). A viticultura é incentivada desde a década de 1970 por grandes projetos públicos de irrigação e de desenvolvimento territorial (BRASIL, 2020; PEREIRA; DO CARMO, 2014). Em 2020, a produção de uvas no VASF representou, aproximadamente, 27% da produção nacional e 14% da área de vinhedos plantados (IBGE, 2023). Ainda, o VASF responde por 98% das exportações brasileiras de uvas de mesa frescas (COMEXSTAT, 2023).

Segundo dados da Companhia de Desenvolvimento dos Vales do São Francisco e do Parnaíba (CODEVASF), existem 7 PPIs em funcionamento no Polo Petrolina/Juazeiro, ocupando uma área de 48.745 hectares (ha). A viticultura na região é uma atividade integralmente irrigada e é praticada em 5 dos 7 PPIs, representando 15,67% da área ocupada (7.640,4 ha). Nesses 7 PPIs, os irrigantes familiares (os quais possuem áreas de até 10 ha) respondem por 38,85% da área ocupada (18.937 ha), enquanto as empresas (áreas acima de 25 ha) ocupam 59,83% (29.165 ha) (CODEVASF, 2022, ver [Apêndice I](#)). Inicialmente, os sistemas convencionais de irrigação (como aspersão e sulcos) eram os mais utilizados nas áreas de fruticultura irrigada. No entanto, outros sistemas localizados e mais eficientes para distribuição de água (ex.: gotejamento, micro aspersão) passaram a ser adotados pelos produtores (DINC, 2021). Além das práticas de irrigação, a estrutura físico-química do solo, o grau de tolerância a estresse hídrico das variedades cultivadas e as práticas de manejo do dossel vegetativo e cobertura do solo são fatores que influenciam o manejo sustentável da água na produção de uvas, sobretudo em uma região semiárida e tropical como o VASF (GAMBETTA et al., 2020; OIV, 2021).

Embora o denominado agrohidronegócio tenha se tornado um relevante catalisador de dinâmicas sociais, demográficas e econômicas no Polo Petrolina/Juazeiro, a já existente vulnerabilidade da região a períodos de seca, ameaçada pela iminência do

agravamento dos períodos de déficit hídrico derivados das mudanças do clima na região (MARENGO; TORRES; ALVES, 2017), suscita questionamentos a respeito da capacidade de suporte hídrico para os cultivos e para aqueles que dependem da atividade agrícola, além da busca por revisão das estratégias de adaptação e dos modos de uso da água (LINDOSO; EIRÓ; ROCHA, 2013; PEREIRA; DO CARMO, 2014). A concepção desses projetos de irrigação também não está a salvo de críticas em relação ao recrudescimento de conflitos por água e terra, ancorados sob um contexto sociopolítico que, historicamente, aborda a seca sob diferentes perspectivas: combate à seca, convivência com a seca e valorização da biodiversidade da Caatinga (ANDRADE; SILVA; SOUZA, 2014; DOURADO, 2015; FELÍCIO, 2018; FIOCRUZ, 2014; PONTES et al., 2013; SILVINO; VIGLIO; FERREIRA, 2016).

O impacto da seca sobre uma determinada região ou unidade produtiva será maior ou menor conforme a condição de vulnerabilidade do local. Muitos estudos vêm sendo realizados na última década em diferentes regiões suscetíveis a esse fenômeno meteorológico e climático, de modo a investigar os fatores biofísicos e socioeconômicos que podem explicar a heterogeneidade das vulnerabilidades e guiar estratégias de adaptação (BOURONCLE et al., 2017; COGATO et al., 2019; DOBKOWITZ; WALZ; BARONI, 2020; HARVEY et al., 2014; JURGILEVICH et al., 2017; LINDOSO; EIRÓ; ROCHA, 2013). Entretanto, em sistemas agrícolas, as propriedades bióticas e abióticas do lugar são sobrepostas por dinâmicas sociais, econômicas e demográficas, permeadas por intencionalidades, conflitos de interesses e visões de mundo distintas entre si (SILVA et al., 2017). Dessa forma, pode-se considerar que o risco de ocorrência de secas também possa ser produzido (GREENE, 2021) como um reflexo da modernidade e dos avanços técnico-científicos (BECK, 2010). Os PPIs, por exemplo, ao mesmo tempo em que reduzem a vulnerabilidade socioclimática aos períodos de seca, acentuam a distribuição desigual dos riscos, reforçando assimetrias entre os irrigantes (empresariais e familiares) e aqueles que são privados das mesmas condições de acesso aos recursos hídricos (ORTEGA; SOBEL, 2010).

A vulnerabilidade socioclimática é definida aqui como o conjunto de atributos e recursos, intrínsecos a um indivíduo, local, sistema ou população, que mediam ações necessárias em situações de materialização ou potencial ocorrência de riscos e perigos de natureza climática e meteorológica – secas, enchentes e tempestades. Bem como, a suscetibilidade e exposição de um determinado local a esses fenômenos (AQUINO et al., 2017;

CUTTER, 2003; MARANDOLA JR., 2014). Por definição, o termo “socioclimático(a)” que qualifica o conceito de vulnerabilidade e a noção de dinâmica (ambos expressos no título deste documento), referem-se a fatores e variáveis que representam condições econômicas, arranjos sociais e variabilidade climática no contexto dos PPIs do VASF (espaço) em seus momentos e movimentos (tempo) (ARMSTRONG; HOPE; MUNDAY, 2021).

2. Perguntas de pesquisa

Esta tese busca responder a duas perguntas principais:

- (i) A viticultura praticada nos Projetos Públicos de Irrigação está preparada para períodos de seca cada vez mais recorrentes?
- (ii) Os riscos climáticos influenciam a adoção pelos viticultores de técnicas de irrigação que visem a otimização do uso da água?

3. Objetivos

O objetivo geral da pesquisa é analisar como os prolongados períodos de seca afetam as vulnerabilidades e as dinâmicas socioclimáticas relacionadas à viticultura praticada nos projetos públicos de irrigação Bebedouro e Nilo Coelho, localizados no Polo Petrolina/Juazeiro.

Os objetivos específicos desta tese são:

- (i) Analisar os impactos socioclimáticos causados pelos períodos de seca aos cultivos de uva e aos viticultores (produtividade, renda, modos de vida).
- (ii) Evidenciar os principais fatores que influenciam as vulnerabilidades e dinâmicas socioclimáticas.

(iii) Compreender como os agricultores utilizam os recursos hídricos e se os modos de uso da água refletem estratégias de adaptação às secas.

4. Hipóteses de pesquisa

(i) A viabilização da viticultura por conta da estrutura técnica oferecida pelos perímetros irrigados acaba não refletindo em estratégias de adaptação aos períodos de seca. Nesse sentido, a constância no abastecimento das áreas irrigadas dos PPIs mascara o cenário de escassez hídrica enfrentado no nível regional.

(ii) O período prolongado de seca afetou a vulnerabilidade socioclimática da viticultura irrigada de forma desigual, sendo essa acentuada entre pequenos produtores em relação à viticultura empresarial.

5. Justificativa

A justificativa deste trabalho parte de duas perspectivas: uma real/aplicada e a outra de cunho acadêmico/científico. A primeira é dedicada à compreensão da deflagração de uma questão socioambiental ainda pouco entendida ou do agravamento de uma condição pré-existente, o que pode gerar desdobramentos que demandem estratégias adaptativas imediatas ou de longo-prazo. Já à motivação acadêmica, reserva-se o enfoque dado para lacunas no conhecimento sobre a temática que estão em aberto e que demandam esforços de pesquisa que contribuam para algum avanço teórico, conceitual, metodológico ou aplicado.

Do ponto de vista acadêmico, pressupõe-se que o impacto da seca sobre uma determinada região ou unidade produtiva será maior ou menor conforme a condição de vulnerabilidade do local atingido. Muitos estudos vêm sendo desenvolvidos na última década de forma a auxiliar a tomada de decisão de administradores públicos e privados, além dos próprios agricultores, é claro, em relação a aspectos institucionais, técnicos e

socioeconômicos na absorção dos impactos e capacidade de reação aos danos causados por esses eventos extremos (COGATO et al., 2019; JURGILEVICH et al., 2017).

Em uma revisão sistemática sobre eventos climáticos extremos (ECE) e agricultura, Cogato et al. (2019) apontam que grande parte dos estudos que abordam esse tópico são realizados em países desenvolvidos e com culturas de grãos e vagens, indicando que há uma lacuna de pesquisas em culturas com maior rendimento por área, tais como a produção de frutas, e voltadas para países em desenvolvimento ou subdesenvolvidos. Além disso, identificou-se a carência de estudos que abordem a dinâmica espacial ao longo do tempo e de que forma ela é afetada pelos ECE. Soma-se a isso a necessidade de estudos que avaliem o impacto da adoção de estratégias de adaptação e mitigação dos efeitos causados por desastres naturais e eventos extremos, o que é corroborado pelo estudo de revisão sobre metodologias de avaliação de vulnerabilidade a riscos climáticos realizado por Jurgilevich et al (2017). Ambos os estudos também apontam para os obstáculos impostos pela parca disponibilidade de dados socioeconômicos frequentemente atualizados e sua integração com imagens de satélite, sugerindo um esforço de pesquisa voltado para a obtenção de dados primários, os quais possibilitariam uma maior fragmentação do território e das análises de vulnerabilidade socioambiental inerentes a cada local (CUTTER, 2003; ENENKEL et al., 2020; WU et al., 2017). Para endereçar essa discussão, esta pesquisa de doutoramento gerou um artigo auxiliar que busca elencar possíveis alternativas para a produção e coleta de dados no nível local (LOVATO; ZULLO JUNIOR, 2021), as quais envolvem, por exemplo, práticas de ciência cidadã e utilização de ferramentas digitais distribuídas entre os habitantes da área de estudo.

Ao cultivo de videiras, em especial, deve-se à chamada “vulnerabilidade segmentada”³ sua alta capacidade adaptativa a longos períodos de seca (CHARRIER et al., 2018). Entretanto, os cenários projetados indicam mudanças no regime climático, com aumento da temperatura média, a qual eleva as taxas de evaporação dos reservatórios utilizados para captação da água para irrigação e eleva a demanda hídrica das videiras.

³ Fisiologicamente, a videira apresenta um ponto limítrofe em que a escassez hídrica provoca a morte foliar devido ao embolismo peciolar, mas não afeta o xilema, interrompendo a funcionalidade metabólica da planta e protegendo-a da letalidade (GAMBETTA et al., 2020).

Portanto, a vulnerabilidade socioclimática da viticultura irrigada no Polo Juazeiro/Petrolina tem sido afetada e pode ter sua viabilidade ecológica-econômica alterada.

Esta pesquisa está relacionada com os seguintes itens do Plano Estratégico da Organização Internacional da Vinha e do Vinho (OIV) 2020-2024: Eixo I – promover uma vitivinicultura ambientalmente amigável⁴: A.2. Avaliar os impactos das mudanças climáticas sobre a produção vitivinícola de acordo com diferentes escalas espaciais (local, regional e global) incluindo terroirs, promovendo a criação de bases de dados abertas, harmonizadas e sistemáticas. C.1. Propor indicadores e práticas de manejo de recursos naturais adaptadas à especificidade do território e promover a relevância dessas medidas entre produtores e consumidores (OIV, 2020).

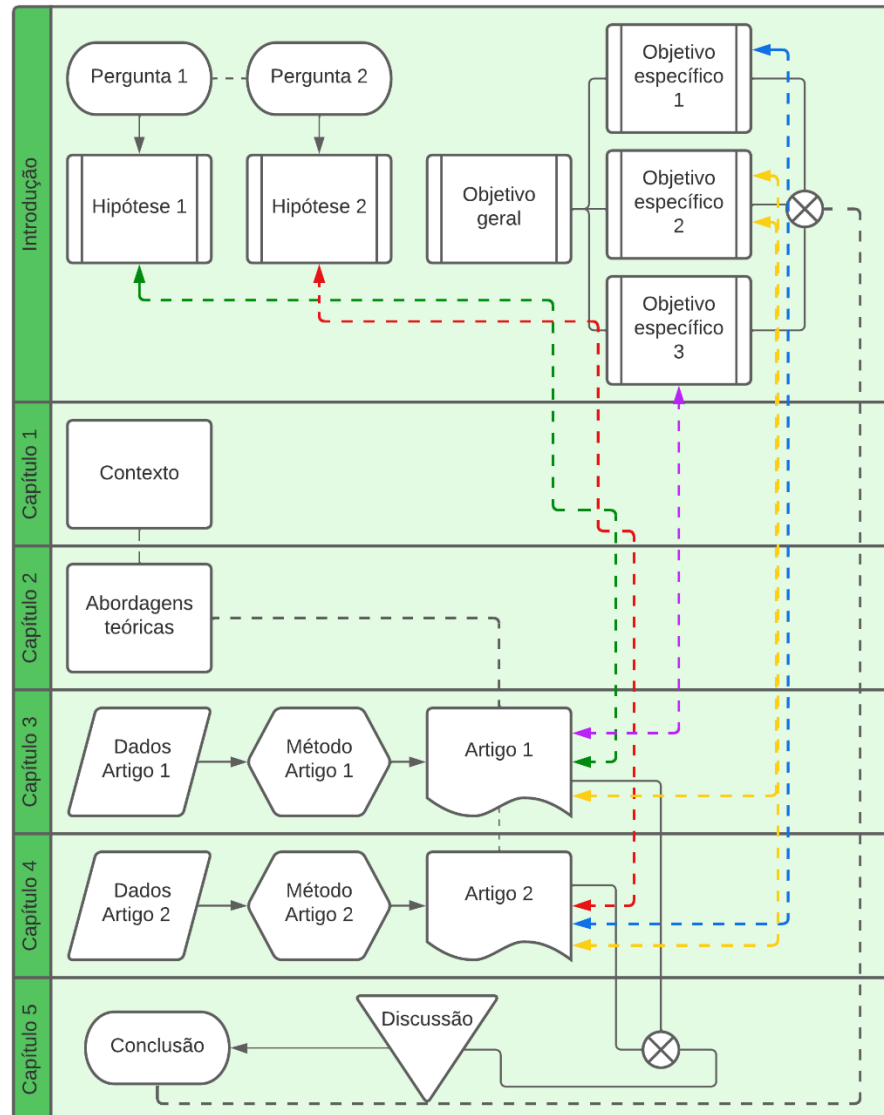
A pesquisa também responde aos seguintes Objetivos do Desenvolvimento Sustentável (ODS), propostos pela Organização das Nações Unidas (ONU): ODS 6 Água potável e saneamento; ODS 12 Consumo e produção sustentáveis; ODS 13 Ação contra a mudança global do clima (ONU, 2023).

6. Estrutura da tese

O presente documento é estruturado de forma a estabelecer uma “espinha dorsal” que suporte as várias ramificações que cada tópico demanda e merece. Além dos elementos pré-textuais (seções protocolares escritas conforme o padrão requerido pela universidade), outros cinco capítulos compõem a tese. Dois capítulos são reservados para a contextualização do estudo e para apresentar o referencial teórico (capítulos 1 e 2). Por opção do pesquisador, e com anuência de seus orientadores, parte da tese será apresentada na forma de artigos e escritos na língua inglesa (capítulos 3 e 4), que serão dois no total. Esse duo de artigos é seguido por um capítulo de discussão e considerações finais. Essas seções são esquematizadas na Figura 1 e descritas logo abaixo dela.

⁴ Environment-friendly.

Figura 1. Fluxograma da estrutura da tese



Nota: Para mais detalhes sobre a notação utilizada na figura ver [Apêndice II](#). Os símbolos foram gerados pelo Lucidchart (<https://www.lucidchart.com/pages/pt>).

Esta Introdução: a pesquisa, suas questões e seus problemas são apresentados, além dos objetivos, hipóteses, justificativa e estrutura da tese.

Capítulo 1: apresentação do contexto histórico e geográfico da área de estudo. Breve descrição fisiográfica, social e política.

Capítulo 2: abordagem de aspectos teóricos que auxiliam a explicação dos fenômenos e dinâmicas inerentes à área de estudo.

Capítulo 3: é o primeiro artigo da tese, que se baseia em entrevistas aplicadas junto a atores-chave ligados à viticultura nos PPIs, de modo a evidenciar fatores técnicos, sociais, ambientais, institucionais e econômicos que compõem a capacidade adaptativa do setor público e privado frente às mudanças climáticas.

Capítulo 4: representado pelo segundo artigo, o qual busca evidenciar os principais fatores biofísicos e socioeconômicos que afetam as dinâmicas e vulnerabilidades socioclimáticas da viticultura praticada nos projetos públicos de irrigação de Nilo Coelho e Bebedouro. Nesse artigo está a aplicação do modelo de vulnerabilidade em função da exposição, sensibilidade e capacidade adaptativa.

Capítulo 5: seção que realiza um apanhado geral dos resultados da pesquisa e retomada da discussão teórica; apresenta apontamentos das limitações da pesquisa, comunicação dos desafios e orientação para futuros desdobramentos e possibilidades de estudo sobre o tema; fechamento do documento de tese com as conclusões pertinentes (e momentâneas).

Todo material que detalha ou atua como suplemento ao que está disposto no corpo principal do documento pode ser acessado nos apêndices e anexos localizados nas páginas finais do documento da tese.

CAPÍTULO 1 – MARGENS



Balsa que realiza a travessia do Rio São Francisco e conecta os municípios de Santa Maria da Boa Vista (PE) e Curaçá (BA). Na margem de cá, Pernambuco. Do outro lado, Bahia. Imagem registrada pelo autor durante pesquisa de campo feita em dezembro de 2022.

1. Contexto – onde e quando

Neste capítulo é dado o contexto do trabalho, onde se situa e quais os principais acontecimentos que ajudaram a tecer a malha que une relações sociais, políticas e econômicas, e que se estende sobre e sob ecossistemas, sistemas terrestres-atmosféricos, lugares e paisagens.

É importante frisar que a intenção aqui é descrever brevemente o cenário. Outras obras, muito mais relevantes, contam a história e a formação dessa região cativante de forma mais rebuscada e profunda do que o está disposto nas seções que seguem⁵.

Parte-se do pressuposto de que a convivência com a seca se dá de formas diferentes a depender da condição de vulnerabilidade de um indivíduo, sistema, organização e população (GREENE, 2021; LEMOS et al., 2016; NICHOLAS; DURHAM, 2012). Essa heterogeneidade é expressa nas escalas espacial e temporal, implicando em uma análise ao longo do tempo que considere processos de feedback, e em diferentes níveis espaciais: projeto público de irrigação, município e região hidrográfica. Ressalta-se que nem sempre houve uma postura convival. Por muito tempo, o combate à passagem incólume de eventos meteorológicos e climáticos foi promovido por órgãos do governo.

1.1. O semiárido brasileiro

O semiárido está localizado na porção nordeste do território brasileiro e atualmente ocupa 912 mil km² (o que corresponde a 12% do território nacional, número que é periodicamente revisado), distribuindo-se entre 10 estados da Federação. Esse enorme pedaço de terra ocupa desde o norte de Minas Gerais, onde nasce o Rio São Francisco, e se estende pelo sertão dos estados da Bahia, Piauí, Maranhão, Ceará, Pernambuco, Paraíba, Rio

⁵ Ver por exemplo:

AB'SÁBER, A. N. Sertões e sertanejos: uma geografia humana sofrida. *Estudos Avançados*, v. 13, n. 36, p. 5–59, 1999.

MALVEZZI, R. Semi-árido: uma visão holística. *Pensar o Brasil e construir o futuro da nação*, p. 140, 2007.

SOARES, J.S. e LEÃO, P.C.S. (eds.) *A vitivinicultura no semiárido brasileiro*. Petrolina-PE: Embrapa, 1a ed., 2009, 756 p.

Grande do Norte, Sergipe e Alagoas, onde o “Velho Chico” encontra o Oceano Atlântico. Quase todos os estados com áreas próximas ao litoral possuem como domínio morfoclimático uma zona de transição chamada agreste, que é comumente representada por uma faixa estreita que corta desde o norte do Rio Grande do Norte, descendo até o nordeste da Bahia, a qual divide o sertão seco, à oeste, e a zona da mata úmida, situada à leste, no litoral (ver [Anexo I](#)) (INSA, 2023; MALVEZZI, 2007; SUDENE, 2023).

A delimitação do semiárido obedece a critérios técnico-científicos de natureza climática. Quais sejam: (i) precipitação pluviométrica média anual inferior a 800 mm; (ii) Índice de Aridez⁶ $\leq 0,50$; (iii) percentual diário de déficit hídrico $\geq 60\%$, considerando todos os dias do ano (INSA, 2023). Embora uma nova delimitação do semiárido tenha sido aprovada pelo Conselho Deliberativo (CONDEL) da Superintendência do Desenvolvimento do Nordeste (SUDENE), por meio da Resolução nº 150 de 13 de dezembro de 2021, até o momento da escrita deste documento de tese, são os dados e mapas baseados na Resolução nº 107 de 27 de julho de 2017 e na Resolução nº 115 de 23 de novembro de 2017 que são apresentados (ver Figura 1.1). Nessa nova delimitação (nº 150/2021), a área de semiárido deve ser expandida. Ainda que a inclusão ou exclusão de municípios esteja relacionada a parâmetros climáticos, é preciso considerar a negociação política entre as partes interessadas, pois a alocação de recursos para projetos de desenvolvimento na região está vinculada a essa classificação. No entanto, ela se difere da delimitação política da região Nordeste do Brasil (NEB), a qual considera a extensão total dos estados que a compõem.

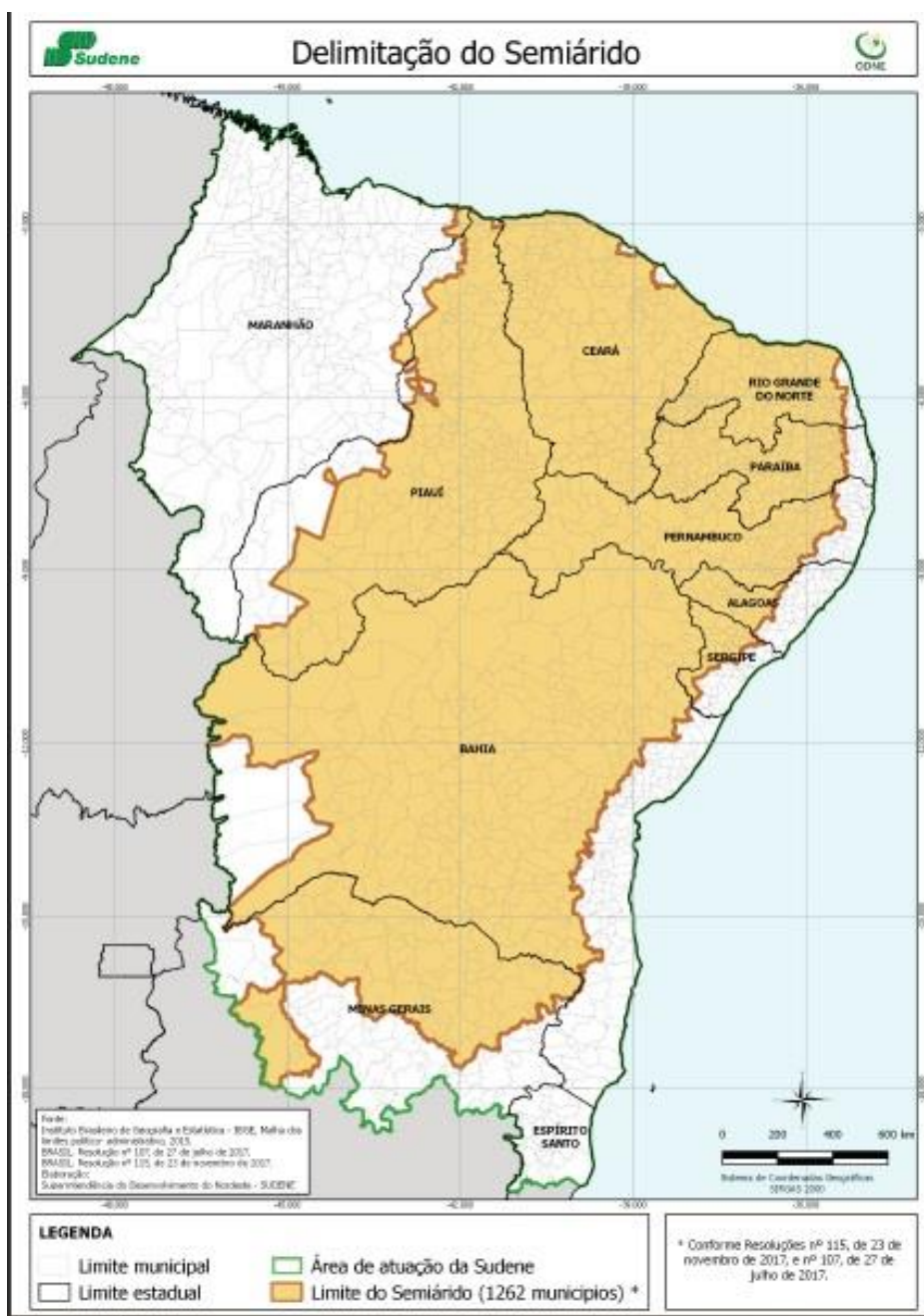
O semiárido abriga 28 milhões de habitantes, sendo uma das regiões semiáridas mais povoadas do planeta. Desse total, 62% ocupam zonas urbanas e 38% zonas rurais (INSA, 2023). Em relação às características ecossistêmicas, os biomas Cerrado e Mata Atlântica estão presentes, porém, o bioma predominante é a Caatinga. Esse bioma é classificado como uma floresta tropical sazonalmente seca⁷, cuja vegetação predominante é decídua (perde as folhas na estação em que há déficit hídrico), arbórea, de porte baixo e com sistema radicular modificado. A palavra Caatinga, inclusive, tem sua origem na língua Tupi e significa “floresta branca”, a qual empresta um significado bastante imagético dos galhos secos de tom

⁶ Índice de Aridez = precipitação (mm)/evapotranspiração potencial (mm) (REBOITA et al., 2016; THORNTHWAITE, 1948).

⁷ Seasonally dry tropical forest (SDTF).

acinzentado-esbranquiçado que irrompem no horizonte nas estações secas (DA SILVA et al., 2018; REBOITA et al., 2016). Essa descrição é, bem verdade, genérica, uma vez que esse bioma é muito biodiverso e responsivo à distribuição espacial de chuvas.

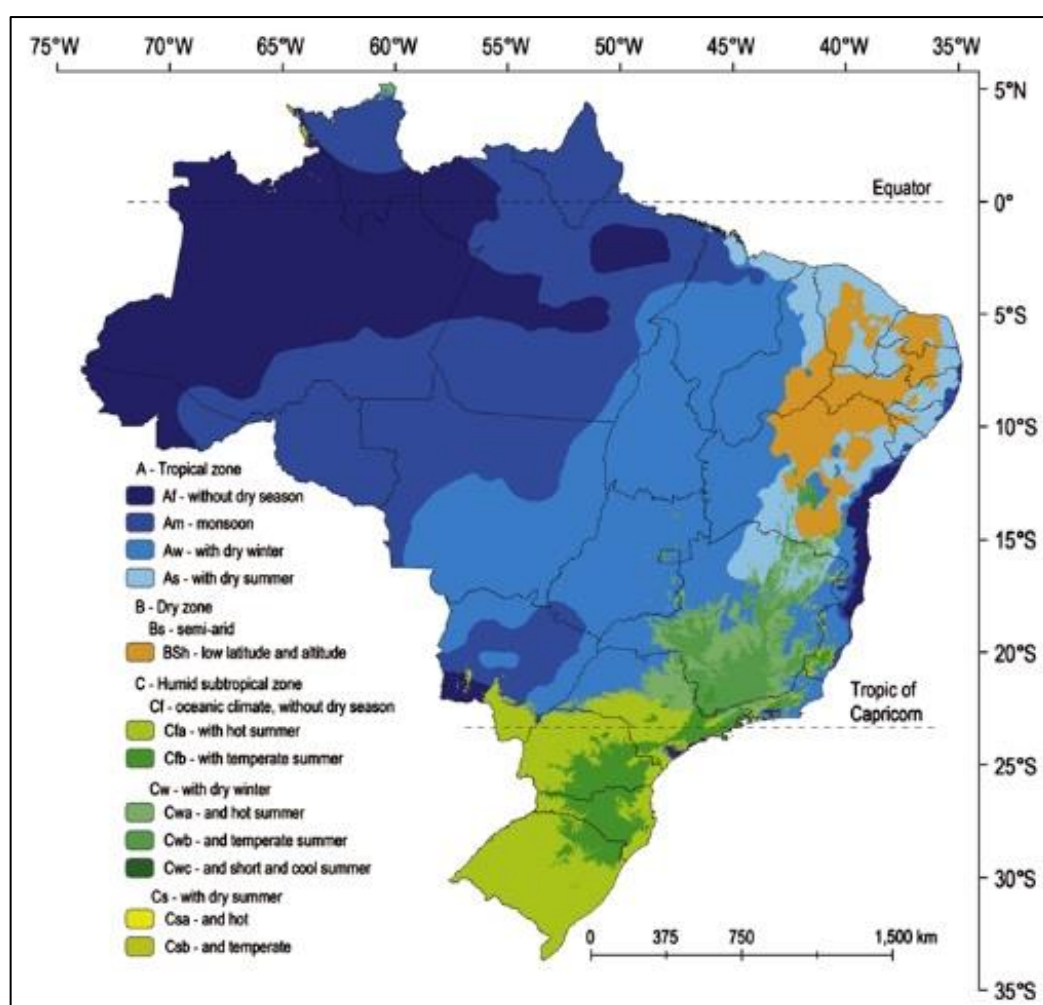
Figura 1.1. Delimitação do semiárido



Fonte: SUDENE. Disponível em: <https://www.gov.br/sudene/pt-br/assuntos/projetos-e-iniciativas/delimitacao-do-semiarido>

Em relação ao clima, a classificação climática de Köppen aloca 33,3% do estado da Bahia e 61,4% da extensão territorial do estado de Pernambuco na zona climática BSh⁸ (clima de tipo seco semiárido de baixa latitude e altitude). E também ocorre em quase todos os estados classificados pela SUDENE como pertencentes à região semiárida (ver Figura 1.2). Segundo a classificação de Köppen, esse é único tipo de clima classificado como semiárido no Brasil e utiliza como critérios: (i) a temperatura média anual $\geq 18^{\circ}\text{C}$; (ii) a precipitação anual total ≥ 5 vezes e ≤ 10 vezes o limiar de seca⁹.

Figura 1.2. Classificação climática de Köppen para o Brasil.



Fonte: Alvares et al. (2013). Para mais informações sobre as legendas e critérios utilizados na classificação ver [Anexo I](#) e o próprio artigo citado.

⁸ Cada letra da classificação de Köppen significa uma categoria e suas subcategorias. Nesse caso B = seco; S = semiárido; h = baixa latitude e altitude (ALVARES et al., 2013).

⁹ O termo limiar de seca foi utilizado para traduzir “dryness threshold”. Ele é calculado em mm e depende da temperatura média anual (T_{ANN}) dada em $^{\circ}\text{C}$. Se: $2/3$ da precipitação anual ocorrer no inverno, então o limiar de seca = $2 * T_{ANN}$; $2/3$ da precipitação anual ocorrer no verão, então o limiar de seca = $2 * T_{ANN} + 28$; caso os critérios anteriores não sejam atendidos, então o limiar de seca = $2 * T_{ANN} + 14$ (CHEN; CHEN, 2013).

Em um estudo que discute as causas da semiaridez no sertão nordestino, Reboita et al. (2016) pontuam que são os movimentos subsidentes das células de circulação atmosférica de Walker e Hadley que exercem maior influência sobre a região, inibindo a formação de nuvens convectivas e, por consequência, a precipitação na maior parte do ano. Dentre os outros sistemas atmosféricos que atuam sobre o Nordeste do Brasil, está a Zona de Convergência Intertropical (ZCIT), a qual contribui para a concentração de chuvas entre os meses de fevereiro e maio, quando a ZCIT à oeste do Atlântico está mais ao Sul (latitude 4°S) em relação à sua própria dinâmica posicional.

1.2. A bacia e a região hidrográfica do Submédio do São Francisco

O Rio São Francisco nasce historicamente em São Roque de Minas (MG) e geograficamente em Medeiros (MG), e tem sua foz entre os estados de Alagoas (AL) e Sergipe (SE), onde encontra o Oceano Atlântico. Sua extensão é de 2814 km, considerando sua nascente histórica, e 2863 km considerando sua nascente geográfica, percorrendo 508 municípios¹⁰ (CODEVASF, 2021).

O Conselho Nacional de Recursos Hídricos (CNRH), por meio da Resolução nº 32 de 15 de outubro de 2003, institui a divisão do território nacional em 12 regiões hidrográficas, considerando aspectos ambientais, sociais e econômicos. Essa delimitação difere-se da divisão do território nacional em 8 bacias hidrográficas, a qual é definida como um ponto físico de confluência de águas superficiais. Em um relatório do Banco do Nordeste, Vidal e Evangelista (2012) reportam que a Região Hidrográfica (RH) do São Francisco detém 63,3% do total da disponibilidade hídrica superficial da região Nordeste. Tal ocorrência explica a já clara e evidente multiplicação de projetos de irrigação em frações de terras contíguas às margens do Rio São Francisco.

¹⁰ Por volta dos anos 2000 foi realizado um estudo para definir a real nascente do Rio São Francisco. Com base em critérios técnicos, concluiu-se que a nascente geográfica do Rio São Francisco se encontra no Rio Samburá e não no alto do Chapadão da Canastra, local que, historicamente, ficou conhecido por abrigar a nascente do Rio São Francisco (CBHSF, 2020).

O Rio São Francisco, ao longo de seu curso fisiográfico e histórico, foi também lugar de grandes construções de usinas hidrelétricas (UHE) que alteraram a dinâmica da sua vazão, a exemplo das UHEs Três Marias, Sobradinho, Itaparica e o sistema Paulo Afonso. Os agricultores, que outrora organizavam seus calendários agrícolas conforme a vazante do rio, precisaram se adaptar ao caudal controlado pelo abre-e-fecha das comportas hidráulicas dos projetos monumentais ali construídos. Essa adaptação compulsória, na prática, inicia-se ao final da década de 1950, quando projetos de desenvolvimento para o VASF começam a ser implantados. A principal ação se dá na forma da utilização de motobombas para captação e adução da água do rio até as áreas agricultáveis (DA HORA; MATTOSINHO; XAVIER, 2016). Porém, em muitos casos, a inundação das terras desses agricultores pelas águas represadas os obrigou a migrar para outras regiões rurais ou, até mesmo, algumas zonas urbanas.

Em um artigo que rememora a missão de pesquisa do antropólogo Donald Pierson e sua equipe no Rio São Francisco, na década de 1950, Roberto Lima (2010) pontua a percepção dos ribeirinhos sobre a mudança na dinâmica do rio com a construção da barragem de Três Marias. A vazão do Rio São Francisco variava de 200 m³/s na estação seca a 6.500 m³/s na estação de cheia. Após a UHE Três Marias, esse volume tornou-se praticamente constante: 550 m³/s.

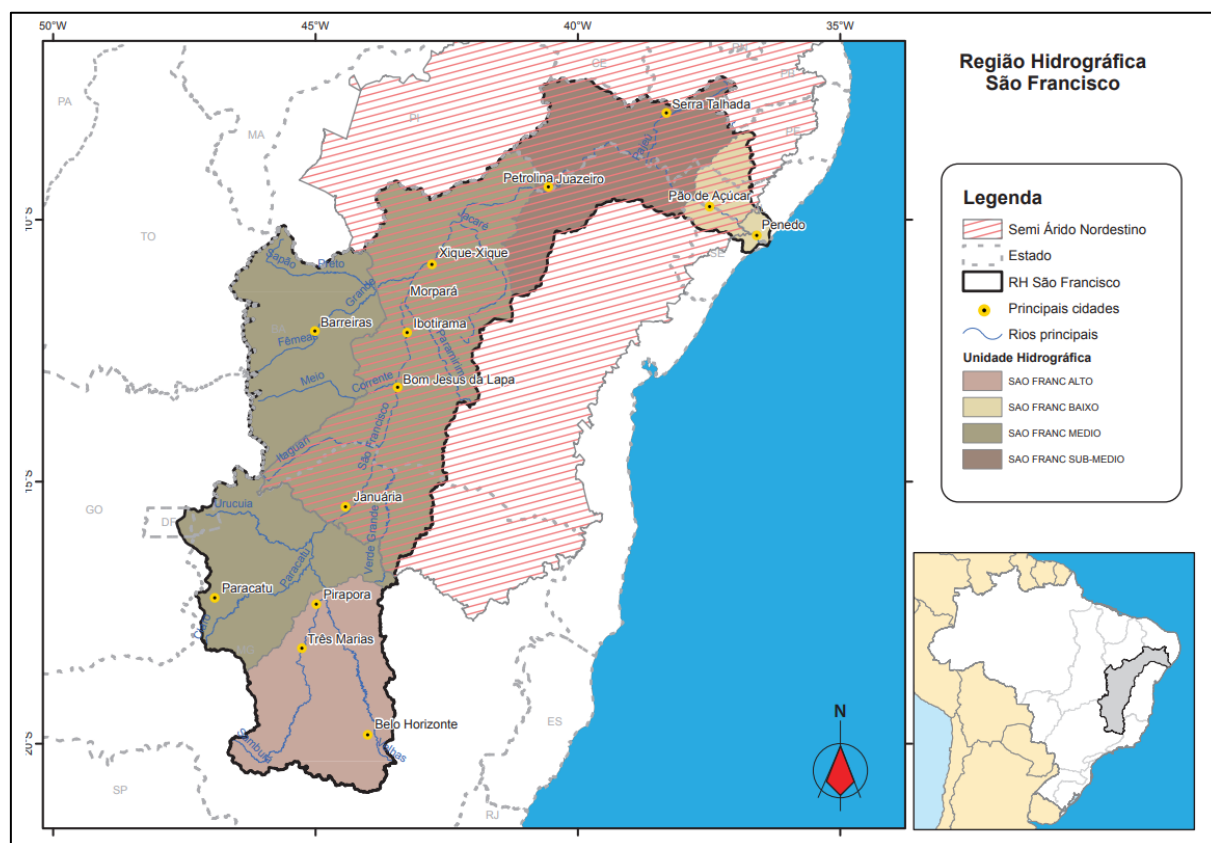
Na década de 1960, com o advento da energia elétrica e facilitação do acesso à mesma, é disseminada a utilização de eletrobombas para captação e adução de água do Rio São Francisco. Isso, junto a um esforço político coordenado, acabou refletindo na ampliação da agricultura irrigada e no desenvolvimento do Polo Fruticultor, especialmente na região de Petrolina e Juazeiro (DA HORA; MATTOSINHO; XAVIER, 2016).

Essas grandes obras de infraestrutura, iniciadas ainda em 1909 com a criação da Inspetoria de Obras Contra as Secas (IOCS) - atual DNOCS (Departamento de Obras Contra as Secas), tiveram o suporte financeiro e técnico do setor público com a criação e atuação das seguintes instituições: (i) em 1948: a CVSF (Comissão do Vale do São Francisco) - que passaria a se chamar SUVALE (Superintendência do Vale do São Francisco) em 1967 e CODEVASF em 1974 – e a CHESF (Companhia Hidrelétrica do Nordeste); (ii) em 1952: o Banco do Nordeste; (iii) em 1959: a SUDENE (Superintendência do Desenvolvimento do Nordeste) e o GISF (Grupo de Irrigação do São Francisco); (iv) em 1975: a instalação do Centro de Pesquisa Agropecuária

do Trópico Semiárido (CPATSA) da Embrapa em Petrolina, hoje denominada Embrapa Semiárido. Esses marcos históricos viabilizaram desde a construção de açudes, destinados ao armazenamento de água nas estações chuvosas, até a implementação de adutoras e canais para os projetos públicos de irrigação. Sem esquecer, por óbvio, o apoio técnico oferecido ao longo do desenvolvimento da agricultura irrigada e, conseqüentemente, da viticultura na bacia hidrográfica do Rio São Francisco e, mais recentemente, na RH do São Francisco (BNB, 2023; CHESF, 2023; DNOCS, 2021; POSSÍDIO, 1997; VIDAL; EVANGELISTA, 2012). A cronologia dos marcos históricos pode ser conferida na subseção 1.5 deste capítulo.

O semiárido responde por cerca de 58% do território da RH São Francisco que se divide em quatro mesorregiões: Alto São Francisco, Médio São Francisco, Submédio São Francisco e Baixo São Francisco (Figura 1.3). A ANA (Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico) e o IBGE (Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística), com o intuito de desagregar seus indicadores e estatísticas, tornando mais evidente a heterogeneidade territorial em relação a gestão dos recursos hídricos, definiu uma nova divisão hidrográfica nacional, delimitando, além das 12 macrorregiões estabelecidas em 2003, mais 54 mesorregiões e 302 microrregiões. A mesorregião Submédio do São Francisco é dividida em 8 microrregiões que se distribuem entre os estados da BA e de PE: Salitre, Curaçá, Itaparica, Xingó, Pajeú, Moxotó, Brígida/Terra Nova e Pontal/Garças. Essa última é onde estão localizados os PPIs Nilo Coelho e Bebedouro, que são foco desta tese (para mais detalhes ver [Anexo II](#)) (ANA, 2015; ANA, 2023).

Figura 1.3. Mapa das mesorregiões hidrográficas do São Francisco

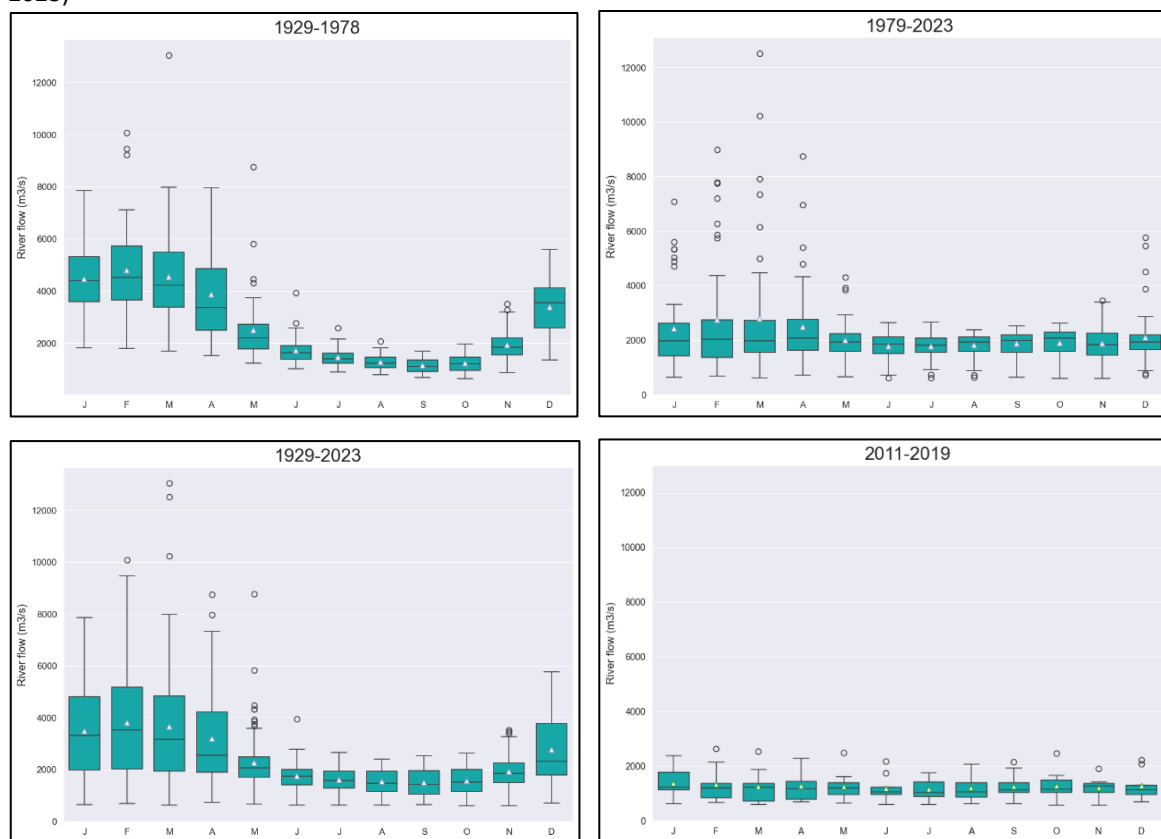


Fonte: ANA (2015).

A vazão média da RH São Francisco é de $2.846 \text{ m}^3/\text{s}$ (1,58% da vazão nacional) e a demanda total é de $278 \text{ m}^3/\text{s}$ (9,8% da demanda nacional). Somente a irrigação demanda $213,7 \text{ m}^3/\text{s}$ (cerca de 77% da demanda) (ANA, 2015). Em um relatório de 2015, a ANA registrou a publicação de duas resoluções decorrentes dos períodos de seca que afetaram a RH em 2013 e 2014. A pedido da CHESF, houve uma redução temporária da descarga mínima defluente dos reservatórios de Xingó e Sobradinho de $1.300 \text{ m}^3/\text{s}$ para $1.100 \text{ m}^3/\text{s}$ (Resolução nº 442 de 08 de abril de 2013). Essa medida seria prorrogada até 31 de julho de 2014 (Resolução nº 680/2014) (ANA, 2015).

A Figura 1.4 apresenta a vazão média mensal do Rio São Francisco para a série histórica que se estende de 1929 a 2023. Os dados são da estação hidrométrica da CHESF, localizada na Ilha do Fogo, a qual situa-se justamente ao lado da ponte que conecta os centros urbanos de Petrolina e Juazeiro.

Figura 1.4. Relação da UHE Sobradinho (1979) com a vazão anual do Rio São Francisco à sua jusante (1929-2023)



Nota: Elaboração própria com dados da estação hidrométrica da CHESF, localizada na Ilha do Fogo, em Juazeiro-BA (9°24'23.58"S, 40°30'14.22"O). Valores médios mensais em m³/s para cada série temporal referida. No ano de 1979 a UHE Sobradinho entra em atividade. A série 2011 a 2019 representa o último período longo de seca.

A figura reúne quatro gráficos que ilustram, além dos 95 anos da série 1929-2023, os subperíodos 1929-1978 e 1979-2023 separados pela construção e ativação da UHE Sobradinho (1979), e pelo subperíodo 2011-2019 – caracterizado pelo processo de uma das mais longas e severas secas dos últimos 50 anos (CHESF, 2023; CUNHA et al., 2019). Comparando os períodos 1929-1978 e 1979-2023, é possível verificar que a vazão anual do Rio São Francisco passou a ser relativamente estável, uma vez que há o controle da mesma pela UHE Sobradinho desde 1979. De toda forma, a média anual da vazão para o período 1979-2023 é de 2120 m³/s, enquanto entre 2011 e 2019 a vazão foi de 1262 m³/s. Portanto, os períodos de cheias e vazantes do Rio São Francisco nesse ponto de aferição permaneceram com início e término bem demarcados, porém, o volume de água é expressivamente menor no subperíodo 2011-2019: -40%.

A bacia e a região hidrográfica do São Francisco foram, e ainda são, alvos de grande debate em relação aos aspectos socioambientais e de desenvolvimento econômico gerados pelas obras de transposição do São Francisco. O projeto precursor data da época do Imperador Dom Pedro II (1840) e somente em 2019 teve suas obras concluídas, conforme comunicação do Ministério da Integração e do Desenvolvimento Regional (MIDR). O Projeto de Integração do Rio São Francisco com Bacias Hidrográficas do Nordeste Setentrional (PISF) custou, até 2023, R\$ 14,6 bilhões aos cofres públicos e tem duas alças principais. Uma denominada Eixo Norte, que capta água à jusante do Lago de Sobradinho, em Cabrobó (PE), e canaliza os recursos hídricos para 237 municípios dos estados da Paraíba, Pernambuco, Ceará e Rio Grande do Norte. E outro denominado Eixo Leste, que capta água no município de Floresta (PE), e a leva para 161 municípios da Paraíba e Pernambuco. Além das obras já realizadas nos eixos e seus respectivos ramais, o governo federal investiu em obras do chamado Canal do Sertão Alagoano, que capta águas do Rio São Francisco na UHE Moxotó (AL) e as leva para o interior do estado de Alagoas. E deve investir no Canal do Sertão Baiano, cujo valor previsto para as obras é de R\$ 4,62 bilhões e deve captar as águas do Rio São Francisco logo à jusante do Lago de Sobradinho, portanto, próximo às estações de bombeamento dos projetos de irrigação de Juazeiro e Petrolina, e levá-las em direção ao sul, para o sertão norte do estado da Bahia (MIDR, 2023). Alerta-se que, até o momento da escrita desse documento, essas estimativas e os anúncios de projetos ainda não são concretos e podem ser descontinuados, principalmente devido à troca do comando do governo federal, do então presidente Jair Bolsonaro para o atual presidente Lula.

De toda forma, como informou o MIDR em seu site, o objetivo da construção do Canal do Sertão Baiano é:

“[...] garantir o abastecimento de água para consumo humano, industrial e de animais, além de permitir o desenvolvimento de cadeias produtivas como a da mineração e a agrícola, por meio do uso de técnicas de irrigação. Com a construção do Canal do Sertão Baiano, as águas do Rio São Francisco também vão auxiliar na perenização de bacias hidrográficas dos Rios Itapecuru e Jacuípe, localizadas em regiões da Bahia com elevada escassez hídrica.” (MIDR, comunicação publicada em site da internet, 2023)

Embora o elenco de dados supracitados incorra no risco de tornarem-se datados rapidamente, eles auxiliam na descrição de como as dinâmicas políticas voltadas para o desenvolvimento econômico da região semiárida têm como espinha dorsal a exploração das águas do Rio São Francisco e sua indissociável relação com o uso da terra para a agricultura e produção de uvas sob irrigação, especialmente no Vale do Submédio do São Francisco. Portanto, a clarividente inter-relação entre os sistemas políticos, sociais, ambientais e técnicos que coexistem na região desde a metade do século XX até os dias de hoje, forma a base contextual necessária para o desenvolvimento desta tese.

1.3. A viticultura no Vale do Submédio do São Francisco

Este estudo tem como local o Vale do Submédio do Rio São Francisco (VASF) (9°S, 40°W), que está localizado na região do semiárido brasileiro, caracterizada por períodos de seca, com precipitação pluviométrica média anual de cerca de 550 mm e temperaturas elevadas – as médias mensais variam entre 24°C e 28°C ao longo do ano (DE MOURA; SOBRINHO; DA SILVA, 2019). Normalmente, as chuvas são concentradas entre novembro e abril (90% do total) (EMBRAPA, 2021). A região do VASF abriga cerca de 700 mil habitantes e tem na agricultura uma importante atividade econômica (ARRUDA, 2017).

As cidades de Juazeiro (BA) e Petrolina (PE) são as mais importantes da região, e a última é citada por Alvares et al. (2013) como um bom exemplo de clima do tipo semiárido (BSh). Além da quantidade e distribuição das chuvas, e da temperatura média anual alta, a região está a uma altitude média relativamente baixa (380 m).

Goes e Albuquerque (1987) pontuaram que a viticultura no Vale do São Francisco somente passou a ser vista como uma atividade economicamente viável quando o potencial do local para a agricultura irrigada foi, nas palavras dos autores, “descoberto”. Não cabe aqui resgatar todos os pormenores que levaram a região à condição em que se encontra atualmente. Para tal, recomenda-se a leitura de outros textos que o fizeram de forma mais extensa e detalhada: Goes e Albuquerque (1987); Figueiredo e Carvalho (2011); Silva, Correia e Soares (2009). Não obstante, alguns fatos marcaram a transição, nessa região, de uma agricultura de sequeiro, eminentemente dependente da chuva e calcada em culturas anuais

como a cebola, o algodão e o tomate, para uma agricultura irrigada focada em culturas perenes, como a manga e a uva. Além do que é brevemente descrito nesta subseção, sugere-se a leitura da cronologia mais extensa dos marcos históricos e das referências utilizadas para embasar estes parágrafos, as quais constam na subseção 1.5 deste capítulo.

A princípio, as primeiras plantas do gênero *Vitis*¹¹ desembarcaram com os portugueses nas ilhas de Itaparica (BA) e Itamaracá (PE) no ano de 1542 (GOES; ALBUQUERQUE, 1987; SILVA; CORREIA; SOARES, 2009). No entanto, foi preciso cerca de quatro séculos para que o cultivo de uvas migrasse do litoral para o interior do continente, estabelecendo-se no sertão nordestino, especificamente na região do VASF. No ano de 1959, em visita ao Projeto do Rio Salitre, o pesquisador Wilson Corrêa Ribas do Instituto Agrônomo de Campinas (IAC), produziu uma nota na qual registrou a existência de um vinhedo conduzido no sistema latada¹² (ver Figura 1.5) e plantado em pé-franco¹³ que dataria do final da década de 1920 (GOES; ALBUQUERQUE, 1987). E foi justamente nessa década, nos anos 1950, que a viticultura passou a ser vista pelos agricultores e empreendedores da região como uma possibilidade comercial. Já no início dos anos 1960, há registros dos esforços vitícolas do bispo Dom Avelar Brandão Vilela, da diocese de Petrolina (PE), do então deputado federal Milvernes Cruz Lima, em Belém do São Francisco (PE), do espanhol José Molina Membrado, em Santa Maria da Boa Vista (PE), e da empresa italiana Cinzano, no município de Floresta (PE) (DA HORA; MATTOSINHO; XAVIER, 2016; GOES; ALBUQUERQUE, 1987; POSSÍDIO, 1997). Nesse mesmo período é criada a SUDENE (Superintendência do Desenvolvimento do Nordeste) e o GISF (Grupo de Irrigação do São Francisco). Esses órgãos, em parceria com a FAO, realizaram um extenso levantamento pedológico das áreas irrigáveis, estudos esses que resultariam em uma configuração dos projetos públicos de irrigação do VASF próxima à que é observada atualmente. Além disso, foram instaladas duas estações experimentais: uma em Bebedouro (Petrolina) e outra em Mandacaru (Juazeiro). Nessa última, era preservada uma coleção de cultivares de uvas para vinho e mesa (POSSÍDIO, 1997; VIDAL; EVANGELISTA, 2012).

¹¹ Como introdução à domesticação e taxonomia da videira sugere-se a leitura de GRASSI, F.; DE LORENZIS, G. Back to the Origins: Background and Perspectives of Grapevine Domestication. **International Journal of Molecular Sciences**, v. 22, n. 4518, p. 1–20, 2021.

¹² Sistema de arquitetura de um vinhedo, no qual o dossel da videira é conduzido de forma horizontal, como um pergolado. Ex.: <https://www.esalq.usp.br/visaoagricola/sites/default/files/va-14-vantagens-e-limites-dos-principais-sistemas-de-conducao-de-videiras-utilizados-no-brasil.pdf>

¹³ Quando a cultivar (copa) não está conectada a um porta-enxerto/“cavalo” (sistema radicular).

A região viu a produção de uvas crescer a partir da década de 1970, principalmente pelas mãos de Franco Persico, da Fazenda Milano e de Mamuro Yamamoto, da Fazenda Ouro Verde. Em 1975, a Embrapa instala em Petrolina o Centro de Pesquisa Agropecuária do Trópico Semiárido (CPATSA) (DA HORA; MATTOSINHO; XAVIER, 2016; SILVA; CORREIA; SOARES, 2009).

Contudo, foi na década de 1980 que o VASF passou a ter uma representação significativa enquanto região produtora de uvas. Em 1987, havia 900 ha de vinhedos, em sua maioria plantados com a cultivar ‘Pirovano 65’, conhecida como ‘Itália’. Já em 1997, a área de vinhedos expandiu para 4.368 ha (um fator de crescimento de 3,85 em 10 anos). Em 1988, é fundada a Associação dos Produtores e Exportadores de Hortigranjeiros e Derivados do Vale do São Francisco (VALEXPORT), a qual possibilitou a organização dos produtores para acessar o mercado externo. No ano-safra 1989/1990, o VASF exportou 500 t de frutas. Esse número subiria para 34 mil t no ano-safra 1993/1994. Ou seja, o volume exportado cresceu 67 vezes em um curto período. Atualmente, 98% das uvas de mesa exportadas pelo Brasil provém do VASF (COMEXSTAT, 2023). Nesse mesmo período, o governo federal empreendeu novos incentivos para o desenvolvimento da fruticultura irrigada na região. Em 1996, no governo Fernando Henrique Cardoso, foi lançado o projeto Novo Modelo de Irrigação. E, em 1998, foram criados os Polos de Desenvolvimento Integrado do Nordeste, sendo o Polo de Desenvolvimento Petrolina/Juazeiro um deles. Curiosamente, nesse mesmo ano, foi observada uma redução na verba alocada para manutenção dos Pis. Essa participação financeira do Estado, somente seria retomada em 2010, já ao final do segundo governo Lula, como parte do PAC 2 (Programa de Aceleração do Crescimento) (DA HORA; MATTOSINHO; XAVIER, 2016; GOES; ALBUQUERQUE, 1987; SILVA; CORREIA; SOARES, 2009; VIDAL; EVANGELISTA, 2012).

Segundo dados da Organização Internacional da Vinha e do Vinho (OIV), em 2021, a produção mundial de uvas foi de 69,5 milhões de t. Desse total, 30,1 milhões de t (43,3%) foram de uvas de mesa, 33,9 milhões de t (48,8%) foram destinadas para processamento – majoritariamente transformadas em vinho, e as restantes 5,5 milhões de t (7,9%) foram destinadas para a produção de uvas desidratadas. Essa produção se deu em uma superfície global de 7,3 milhões de ha. Já o consumo global de uvas de mesa foi muito próximo à quantidade produzida: 30,1 milhões de t em 2021. Nesse mesmo ano, o Brasil registrou 75,7

mil ha de vinhedos em seu território (22º colocado no ranking mundial por área), e a produção total de 1,7 milhões de t (2,4% da produção mundial) (IBGE, 2023; OIV, 2023). O Observatório da Uva (LIMA, 2022) estima que a área plantada no Brasil destinada à produção de uvas de mesa seja de 29,4 mil ha¹⁴. Desse total, o VASF responde por mais de 1/3 da área cultivada (10,6 mil ha), majoritariamente localizada nos estados de PE e BA. Em 2021, o Brasil (exceto o RS) colheu 0,8 milhão de t de uvas, mais da metade (0,47 milhão de t) no Vale do São Francisco. A produtividade média da região é de 44 t/ha, acima da média nacional que é de 27 t/ha (LIMA, 2022). O Brasil é o 8º maior produtor de uvas de mesa (China, Índia e Turquia ocupam as três primeiras colocações, nessa ordem) (OIV, 2021).

Como já mencionado anteriormente, o VASF é responsável por quase a totalidade de uvas exportadas pelo Brasil. E essa dinâmica atende uma janela de entressafra de outros países fornecedores, concentrando as exportações nos meses de outubro e novembro, quando os preços pagos são mais altos. No restante do ano, boa parte das uvas são destinadas ao mercado interno, que quase dobrou seu consumo per capita no período 1998-2017, saltando de 2,41 kg/ano para 4,05 kg/ano. Outro fator importante na dinâmica da viticultura da região está relacionado com a tecnologia genética das cultivares. Ao longo dos anos 2000, não só a Embrapa passou a desenvolver cultivares de uva sem sementes para consumo in natura, como houve a introdução de cultivares desenvolvidas por companhias estrangeiras (MAIA; RITSCHER; LAZZAROTTO, 2018).

Existem, é claro, outras regiões ao redor do globo afamadas pela produção de uvas em clima quente e seco, caracterizadas pela baixa precipitação e temperaturas altas, sobretudo no período de maturação das uvas. Nessas regiões, a irrigação cumpre um papel importante, principalmente na fase de crescimento vegetativo. Dentre as numerosas regiões com essas características, pode-se citar: Mendoza, na Argentina; as regiões do centro-norte do Chile; New South Wales, na Austrália; a Costa Central da Califórnia, nos Estados Unidos; e Jerez ao sul da Espanha (JOHNSON; ROBINSON, 2013). No entanto, por se encontrarem em latitudes distantes da Linha do Equador (em zonas temperadas e subtropicais), nessas regiões, as estações do ano são bem definidas, com invernos frios, o que induz a planta à senescência

¹⁴ Segundo o Observatório da Uva, essa consideração é feita excluindo a área de vinhedos do Rio Grande do Sul, onde a maior parte da produção de uvas é destinada para o processamento (vinho, suco e outros derivados da uva).

e posterior repouso hibernar. Dessa maneira, a videira somente volta a vegetar na primavera, quando a temperatura média aumenta e um novo ciclo se inicia (KELLER, 2020).

Figura 1.5. Vinhedo de uva de mesa no PPI Nilo Coelho



Fonte: registro feito pelo autor durante pesquisa de campo em dezembro/2022.

No VASF, ao contrário, não há uma condição ambiental que induza a planta ao repouso. A baixa latitude implica em pouca variação intra-anual da temperatura e do comprimento do dia, levando a videira a um comportamento vegetativo constante, com forte dominância apical¹⁵ (KELLER, 2020). Uma alternativa técnica para suprir a falta de um período hibernar é submeter a videira a um estresse hídrico programado, por meio da cessão da irrigação. Esse estresse, em conjunto com técnicas de manejo (poda, desfolha, aplicação de

¹⁵ É o controle exercido pelo ápice do ramo/galho sobre a brotação e crescimento das gemas laterais. Ver: CLINE, M.G. Concepts and terminology of apical dominance. **American Journal of Botany**, v. 84, n. 8, p. 1064-1069, 1997,

etefon¹⁶), reduz a atividade metabólica da videira a um nível semelhante ao do repouso hibernar. Como consequência, a senescência e a abscisão foliar ocorrem, permitindo a poda dos galhos secos e a posterior aplicação de cianamida hidrogenada¹⁷ para promover a quebra de dormência das gemas e iniciar um novo ciclo fenológico (CARBONNEAU, 2011).

A duração do ciclo fenológico da videira depende da demanda ecofisiológica de cada cultivar, variando entre 90 e 130 dias para cultivares de ciclo precoce e tardio, respectivamente. Portanto, como não há frio, e há água disponível para irrigação, o cultivo da videira no VASF possibilita até 2,5 ciclos/safras por ano (SANTOS, 2006). Um modelo de calendário produtivo para a região é apresentado na Figura 1.6. Além disso, apesar da proximidade à Linha do Equador, o clima semiárido da região difere-se de outras regiões vitivinícolas tropicais úmidas, como as localizadas na Tailândia, Índia e algumas regiões da China, o que reforça a peculiaridade da produção de uvas no VASF (CARBONNEAU, 2011). Aos aspectos do clima, topografia, pedologia e à intervenção humana no trato da videira, emprega-se um termo comumente utilizado no jargão vitícola e enológico: *terroir* (VAN LEEUWEN; SEGUIN, 2006). Em 2022, o *terroir* do Vale do São Francisco foi reconhecido pelo Instituto Nacional de Propriedade Industrial (INPI), recebendo a distinção de Indicação de Procedência (IP) Vale do São Francisco (BRASIL, 2022).

¹⁶ Ácido 2-cloroetil-fosfônico, regulador de crescimento sintético que estimula a liberação de etileno. O etileno, juntamente com o ácido abscísico, é um hormônio da planta que atua como um acelerador da abscisão foliar (queda da folha) (KELLER, 2020).

¹⁷ H₂CN₂, mais conhecido pelo seu nome comercial Dormex® (https://agriculture.basf.com/br/pt/protecao-de-cultivos-e-sementes/produtos/dormex.html - accordion_v2-16378fc5df-item-309b3832f9).

Figura 1.6. Modelo de calendário produtivo de uvas de mesa de ciclo precoce (90 dias) e tardio (120 dias) no Vale do São Francisco

Poda	Mês	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
J	Precoce												
	Tardia												
F	Precoce												
	Tardia												
M	Precoce												
	Tardia												
A	Precoce												
	Tardia												
M	Precoce												
	Tardia												
J	Precoce												
	Tardia												
J	Precoce												
	Tardia												
A	Precoce												
	Tardia												
S	Precoce												
	Tardia												
O	Precoce												
	Tardia												
N	Precoce												
	Tardia												
D	Precoce												
	Tardia												
Poda	Mês	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D

Produção	Produção	Repouso	Poda ano seguinte	Seco	Chuvoso
----------	----------	---------	-------------------	------	---------

A condição *sui generis* da região para a prática da viticultura, a qual por meio do manejo de irrigação permite o escalonamento da produção ao longo do ano, dá agilidade ao setor para atender às principais janelas de exportação de uvas de mesa para mercados do hemisfério norte, que surgem entre os meses de abril-junho e outubro-dezembro (SILVA; CORREIA; SOARES, 2009). Todavia, no entorno desse motor de desenvolvimento, há que se considerar a mudança do clima e aquelas ocasionadas por essa: desde o aumento das taxas de evapotranspiração e, conseqüentemente, aumento da demanda hídrica, até alterações no ciclo fenológico de cultivares já adaptadas às condições ambientais da região. No mesmo documento citado no início desta subseção, Goes e Albuquerque (1987) sugerem que o então Conselho Nacional da Vitivinicultura (CONAVIN) dedique recursos para programas de pesquisa voltados para sistemas de irrigação mais adequados, em especial para a quantidade de água e turnos de rega.

O que então era visto como “mais adequado” passou a ser chamado de “sustentável”. E hoje, por que não afirmar, torna-se “inadiável”.

1.4. Os projetos públicos de irrigação Bebedouro e Nilo Coelho

Como descrito anteriormente, há uma relação indissociável entre as políticas públicas para a irrigação promovidas no semiárido nordestino e o desenvolvimento da viticultura no Vale do São Francisco. Segundo dados publicados pela ANA (2023), em 2021, foram retirados/consumidos¹⁸ 2.138,4 m³/s (~ 67,32 trilhões L/ano) de água pelos diversos setores no Brasil. Segundo a Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico (ANA, 2023), somente a irrigação é responsável por mais da metade dessa retirada (53,7%).

Os projetos públicos de irrigação (PPIs) surgiram no semiárido ao final da década de 1960 como uma estratégia de adaptação ao regime climático da região, caracterizado pelo registro de temperaturas médias altas ao longo de todo o ano e recorrentes períodos de seca. Embora a agricultura irrigada no Brasil tenha iniciado no final do século XIX em lavouras de arroz no Rio Grande do Sul, foi no semiárido nordestino, e sobretudo às margens do Rio São Francisco, que esses projetos ganharam relevância política, social e econômica (ANA, 2021; CASTRO; 2018).

Diferentemente dos açudes construídos pelo DNOCS no início do século XX, os quais ainda são utilizados como reservatórios para a escassa água pluvial, os PPIs envolvem a construção de uma infraestrutura mais custosa e complexa, que visa a captação da água contida em cursos fluviais ou algum outro tipo de reservatório e adução da mesma por meio de estações de bombeamento e canais de irrigação até os lotes dos irrigantes (DNOCS, 2021; VIDAL; EVANGELISTA, 2012).

Iniciaram-se na década de 1930 as primeiras tentativas de engenharia visando a condução das águas do Rio São Francisco para irrigar cultivos agrícolas. Em 1932, registra-se a construção de uma roda d'água para elevação de água, em Belém do São Francisco (PE). Mais de uma década depois, em 1948, é criada a CVSF (Comissão do Vale do São Francisco) -

¹⁸ O uso consuntivo é estimado a partir de um balanço da água total captada para um uso, a água que é consumida por esse uso e não retorna ao corpo hídrico e a água que retorna ao corpo hídrico.

que passaria a se chamar SUVALE em 1967 e CODEVASF em 1974. Nesse mesmo ano (1948) cria-se a CHESF. Na década de 1950 inicia-se a implantação de empreendimentos públicos voltados para a agricultura irrigada, a fundação do Banco do Nordeste (1952) e, também, a criação da SUDENE (1959) (BNB, 2023; DA HORA; MATTOSINHO; XAVIER, 2016; POSSÍDIO, 1997; VIDAL; EVANGELISTA, 2012). Já na década de 1960, soma-se à investida da SUDENE a parceria com a FAO para o desenvolvimento da região, por meio de levantamentos de áreas de terra potencialmente irrigáveis e a instalação das estações experimentais em Bebedouro (Petrolina) e Mandacaru (Juazeiro). Ao final da década, esses esforços culminariam na implantação do PPI Bebedouro, em 1968. Nesse mesmo ano, a CODEVASF (então SUVALE), assume a execução do Plano de Irrigação do São Francisco, antes designado à SUDENE (DA HORA; MATTOSINHO; XAVIER, 2016; POSSÍDIO, 1997). Em 1970, é estabelecido um modelo de emancipação dos PPIs, de modo a reduzir o aporte financeiro por parte do governo e promover a auto-gestão dos projetos. Já em 1979, dois importantes acontecimentos são registrados: entra em vigor a Lei da Irrigação nº 6.662, a qual transfere ao governo federal o poder de expropriação de terras irrigáveis; e inicia-se a operação da Usina Hidrelétrica de Sobradinho, à época o maior lago artificial do mundo. Esta Usina influencia diretamente a vazão do Rio São Francisco à jusante, justamente onde é captada a água para abastecer os PPIs da região Petrolina/Juazeiro. Em 1980, é implementado um sistema de gerenciamento coletivo dos perímetros irrigados, aos moldes de um condomínio. O PPI Nilo Coelho é instalado em 1984, já influenciado por um novo modelo técnico, político e administrativo de irrigação, diferentemente do PPI Bebedouro, implementado, em um primeiro momento, como uma aposta (CHESF, 2023; VIDAL; EVANGELISTA, 2012).

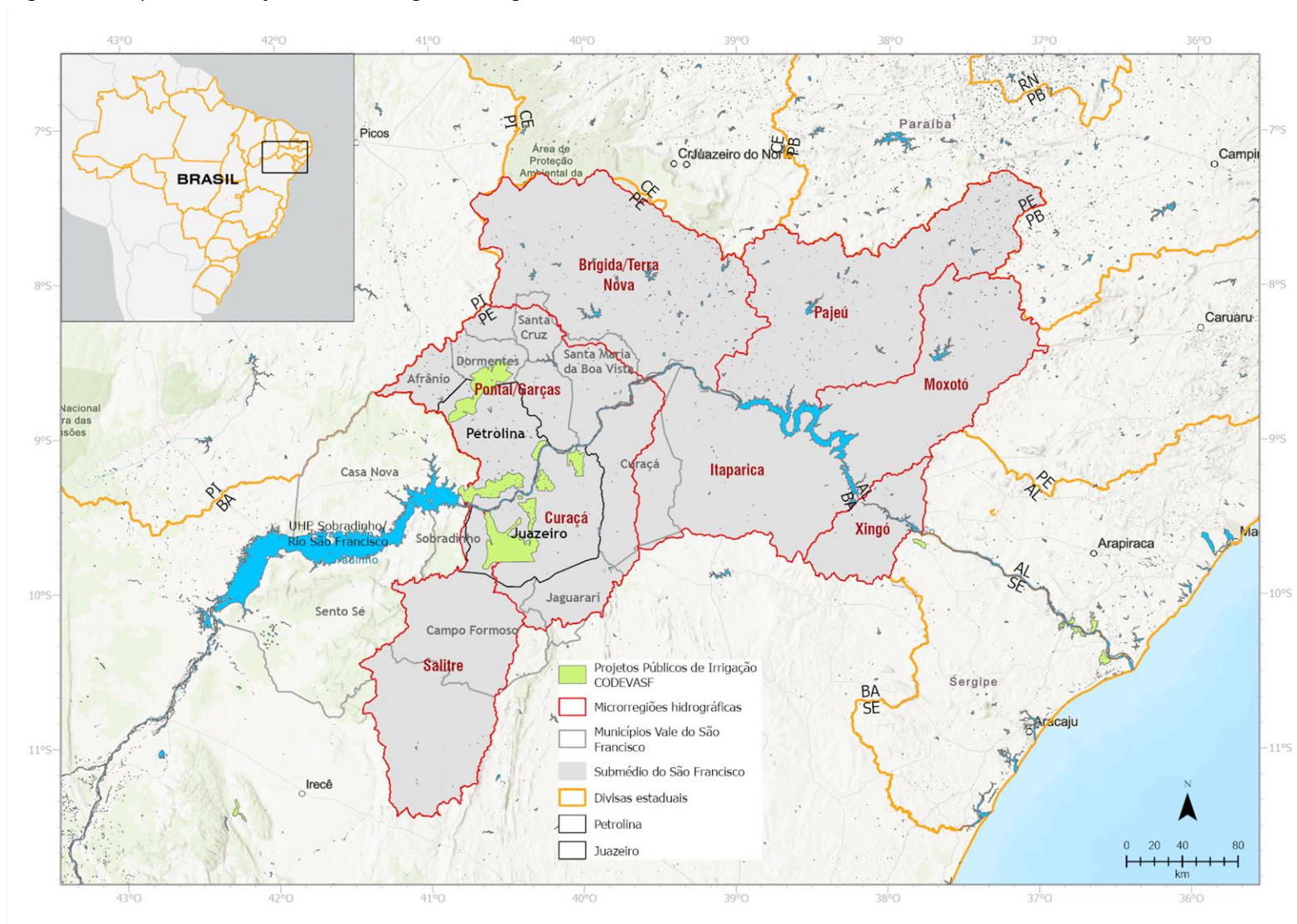
Em 2004, a área irrigada nos PPIs era de 162,1 mil ha. Já em 2019, 79 projetos públicos de irrigação abrangiam cerca de 200 mil ha, distribuídos em 88 municípios brasileiros. A maioria dos PPIs estão localizados no semiárido e são de responsabilidade do DNOCS ou da CODEVASF. Os PPIs representam 2,4% da área irrigada no País (ANA, 2021). Boa parte dos recursos têm sido alocados na modernização da estrutura dos PPIs. Notadamente, o crescimento de áreas irrigadas privadas se dá num ritmo mais acelerado.

A região do VASF, e Petrolina/Juazeiro em especial, tem assistido à implantação de grandes projetos de irrigação nas últimas décadas. O maior perímetro irrigado (PI) do Brasil é o PPI Nilo Coelho, que envolve os municípios de Casa Nova (BA) e Petrolina (PE) (ver Figura

1.8). Esse PI foi inaugurado em 1984 e conta hoje com 22.467 ha de área ocupada, sendo que 50,6 % da área ocupada tem como usuários médias e grandes empresas (acima de 7,01 ha) e 49,4% da área é destinada a pequenos produtores (até 7 ha). Nesse território, 27,1% da área cultivada tem na viticultura sua principal atividade (DINC, 2021). O Lago de Sobradinho, inserido na Bacia Hidrográfica do Rio São Francisco é a principal fonte de recursos hídricos desse PPI. A área total deste PPI é de 55.525 ha. Com essas dimensões, e com um número crescente de habitantes nas vilas concebidas pelos projetos, além da infraestrutura necessária para captação e adução da água, são necessárias obras viárias, de iluminação, saneamento, unidades de atendimento em saúde e escolas. O PPI Nilo Coelho dispõe de 976 km de canais, 818 km de adutoras, 711 km de estradas, 263 km de drenos e 39 estações de bombeamento (ANA; 2021; DAMIANI; DE NYS; 2015). Em 2020, o PPI Nilo Coelho captou $156.022 \cdot 10^3 \text{m}^3$ do Lago de Sobradinho (represa do Rio São Francisco) e forneceu $145.566 \cdot 10^3 \text{m}^3$ aos irrigantes (eficiência de 93%) (DINC, 2021).

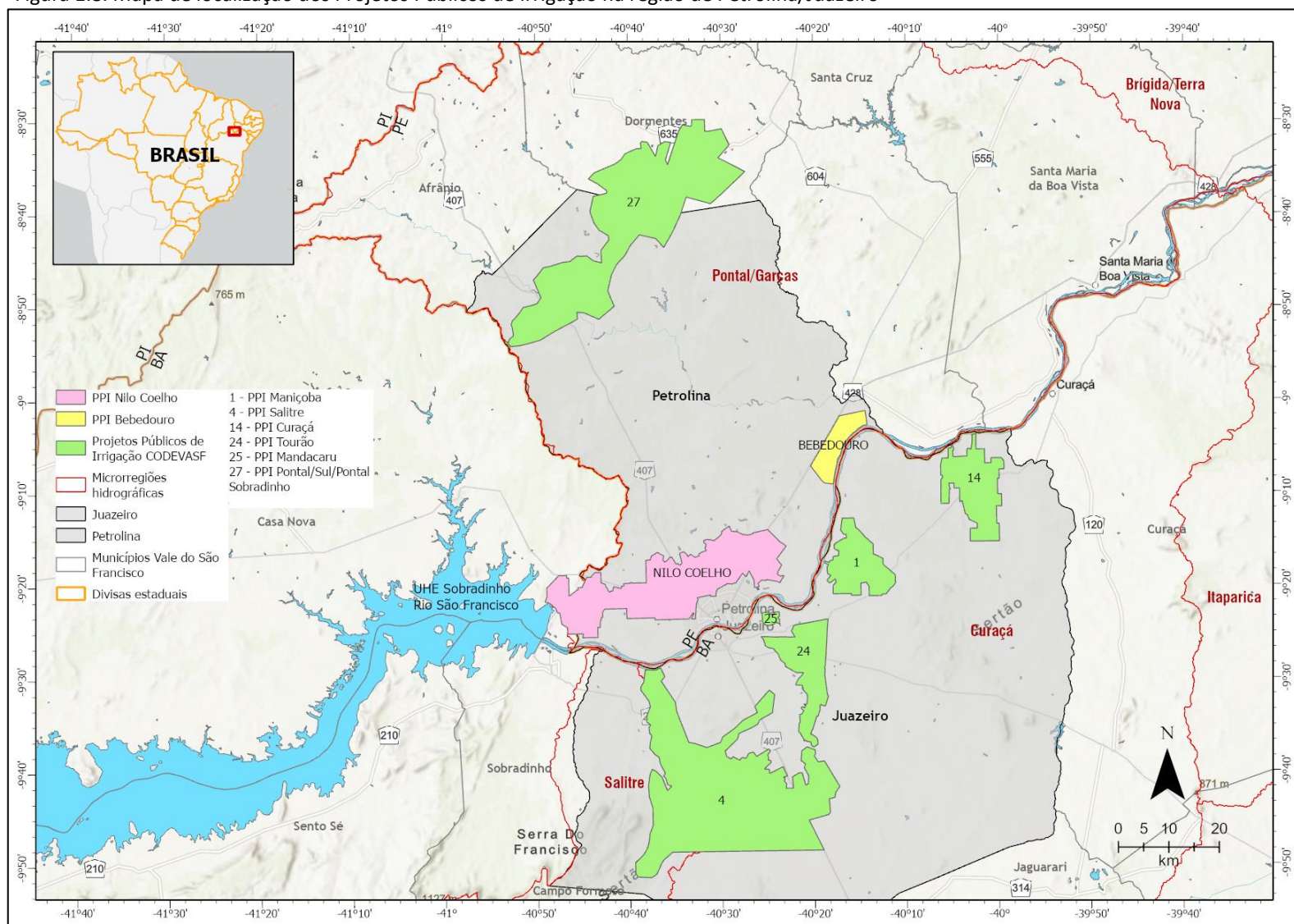
A seguir, as figuras 1.7, 1.8 e 1.9 ilustram a área de estudo contemplando os diferentes recortes deste trabalho.

Figura 1.7. Mapa de localização das microrregiões hidrográficas do Submédio do São Francisco



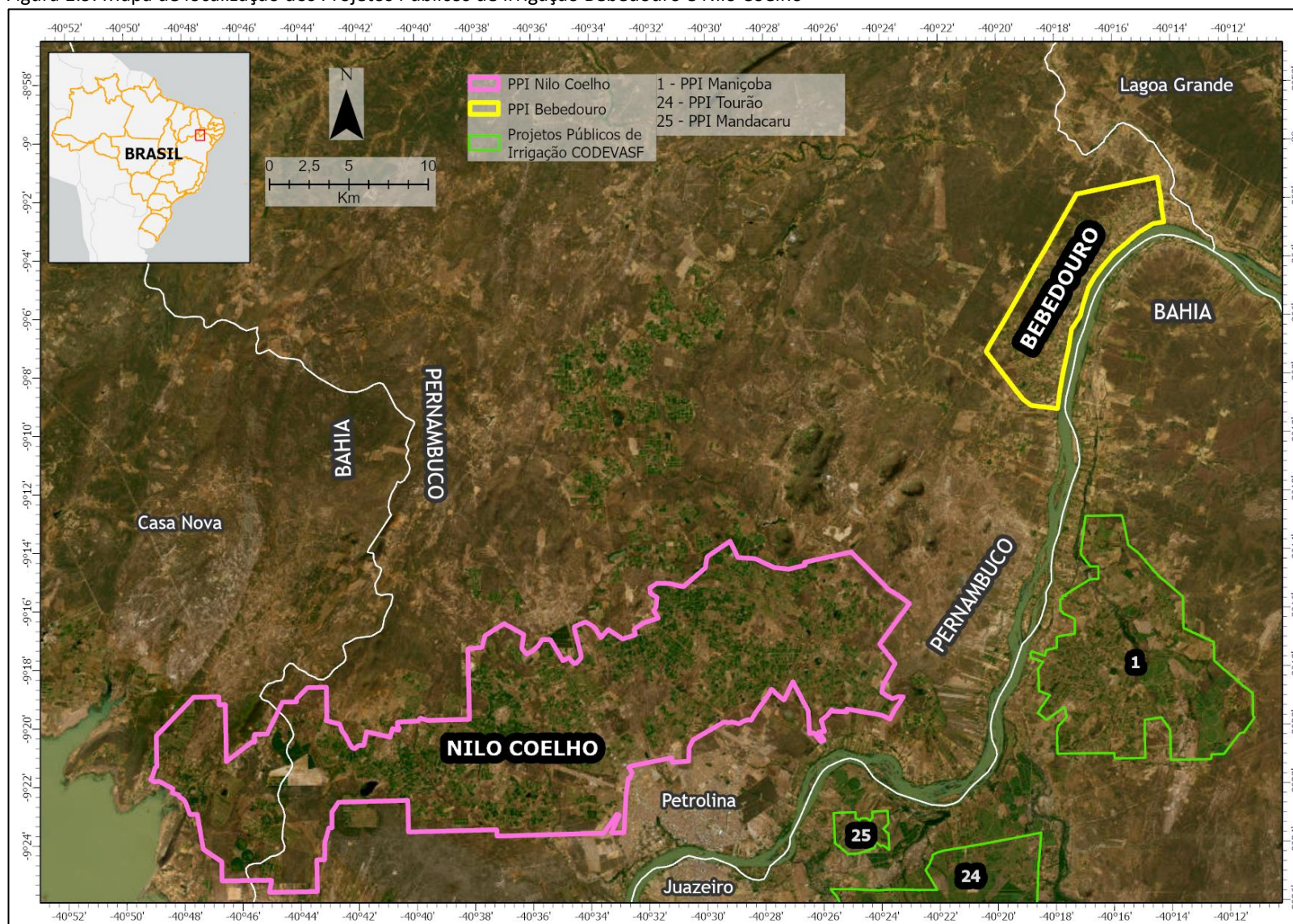
Fonte: elaborado pelo autor.

Figura 1.8. Mapa de localização dos Projetos Públicos de Irrigação na região de Petrolina/Juazeiro



Fonte: elaborado pelo autor.

Figura 1.9. Mapa de localização dos Projetos Públicos de Irrigação Bebedouro e Nilo Coelho



Fonte: elaborado pelo autor.

Além do PPI Nilo Coelho, a outra área de estudo é o PPI Bebedouro, localizado no município de Petrolina (ver Figura 1.9). Conforme dados disponibilizados pelo próprio Distrito de Irrigação Bebedouro, o PPI Bebedouro é o mais antigo em operação e iniciou seu funcionamento em 1968. Em 2020, O PPI apresentou uma área irrigada de 1.106 ha, na qual 301 ha (27,2%) são destinados à produção de uvas. Nesse mesmo ano, 954,32 ha da área irrigada do PPI (82,3% da área) foi ocupada por pequenos produtores, enquanto que empresas ocuparam 17,7% desse território (DIB, 2021). O PPI Bebedouro dispõe de 9 mil ha de área total, 31 km de canais, 45 km de estradas, 64 km de drenos e 5 estações de bombeamento (ANA; 2021). Em 2020, a estação de bombeamento principal do PI captou $19.390 \cdot 10^3 \text{m}^3$ de água do Rio São Francisco, dos quais $16.839 \cdot 10^3 \text{m}^3$ foram fornecidos (87% de eficiência) (DIB, 2021). Os perfis completos dos PPIs Bebedouro e Nilo Coelho podem ser consultados no [Apêndice I](#).

Figura 1.10. Pórticos dos Distritos de Irrigação Bebedouro e Nilo Coelho



Fonte: Registros feitos pelo autor. Bebedouro (esq.), Nilo Coelho (dir.).

No geral, a estrutura fundiária dos PPIs tem sofrido grandes transformações desde o início de suas operações. Houve um aumento expressivo da população nos núcleos habitacionais dos perímetros. Esse incremento se deu tanto pela sucessão geracional nas

famílias dos próprios colonos, quanto pela chegada de novos habitantes, atraídos pelas oportunidades de emprego geradas pela fruticultura. Esse processo gerou a fragmentação informal de lotes e a demanda por um sistema de saneamento básico semelhante ao de uma zona urbana (DAMIANI; DE NYS, 2015; ORTEGA; SOBEL, 2010).

Ademais, a propriedade das terras tem sido recorrentemente contestada por movimentos sociais, gerando conflitos por terra, água e recursos financeiros. Como exemplifica esse trecho do Plano Operativo Anual (POA) 2021 do PPI Bebedouro:

Só para ilustrar ou lembrar, o Distrito perdeu para o assentamento do INCRA o equivalente a 400,0 hectares irrigáveis de arrecadação que em valores atuais representa RS 326 mil/ano líquidos certos. O INCRA de novo, desapropriou uma área de sequeiro de mais 100,0 hectares do projeto e regularizou o Assentamento Josias Samuel *a revalia* do Distrito e também da CODEVASF, que ainda não resolveu a concessão de água. O Distrito sofre o desvio de água do seu canal, retirada ilegalmente pelos assentados do INCRA de maneira que contraria a elementar recomendação técnica racional e econômica.

(DIB, 2021, p. 14). Grifo deste autor. Pode ser um erro de digitação: *à revalia*.

Em abril de 2023, cerca de 600 famílias ligadas ao MST (Movimento dos Trabalhadores Sem Terra) ocuparam uma área experimental da Embrapa Semiárido, localizada no PPI Bebedouro. A reintegração de posse pelo governo federal foi executada dias depois (G1, 2023).

Os conflitos por ocupação também parecem ocorrer no PPI Nilo Coelho, sendo tratados pelo distrito como um problema operacional:

Áreas abandonadas, pertencentes a terceiros, ocupadas ilegalmente pelo MST e ou outras denominações afins, apesar das ações promovidas pelo DINC. Necessidade de agilizar negociações entre a CODEVASF e o INCRA para regularização (transferência de titularidade e concessão) de áreas de terceiros ocupadas. As ocupações irregulares têm produzido aumento da demanda hídrica que se converte em prejuízo de arrecadação para o DINC e aumento de custo para os usuários. (DINC, 2021, p. 13)

Como descrição do contexto do PPI Nilo Coelho, que pode ser extrapolado para outros PPIs, como o Bebedouro, o documento do POA pontua dois aspectos operacionais que

podem auxiliar a compreensão dos atuais e potenciais conflitos pelo uso da água dentro dos perímetros:

Muito positivo o fato de que hoje, no projeto, temos mais de 90% das áreas plantadas usando sistemas de irrigação localizados, que são mais eficientes e permitem economia de água reduzindo custos operacionais e dando a possibilidade de ampliar áreas em produção. Um problema é a forma como crescem os Núcleos de Residência do projeto e Vilas e cidades que são atendidas com água bruta com fins domésticos. Esse crescimento leva a colapso no PPI que se vê obrigado a atender a essas expansões que ocorrem sem critérios e muitas vezes validados por ações políticas locais. (DINC, 2021, p. 19).

Os projetos, ou perímetros públicos de irrigação, são assim chamados pois são concebidos a partir de investimento estatal. Após uma fase inicial de estudos, e atestando a viabilidade de implementação de um PPI, o Estado desapropria a área de terras, indenizando o antigo proprietário e promovendo uma seleção de irrigantes para ocupar os lotes (CASTRO; NEVES; NAKATANI, 2013). Cada PPI é regido por meio de normas próprias, as quais especificam a forma de gestão da instalação, ocupação e operação dos lotes destinados ao cultivo agrícola e das áreas de uso comum (estradas, canais de irrigação, núcleos de habitação). Em um primeiro momento, a gestão do PPI é feita pelo Estado e, ao longo do amadurecimento do PPI, a gestão é transferida para as Associações de Usuários ou para os Distritos de Irrigação, os quais não têm fins lucrativos e seguem um regimento aos moldes de um condomínio, com as despesas de operação e manutenção pagas por tarifas¹⁹ cobradas junto aos usuários (SALES, 2019). O Distrito ou Associação oferece as áreas de servidão e um ponto de entrada de água, e todo o restante da infraestrutura de irrigação e do plantio envolve custos de responsabilidade do usuário. Uma gestão eficiente leva o PPI a uma condição superavitária e o coloca sob um sistema de auto-gestão e, por fim, emancipação. Ao contrário, aqueles ineficientes, ainda dependerão de recursos do estado para manter ativas as operações mínimas necessárias para o funcionamento do PPI.

As experiências em outros países como Chile, Filipinas, México, Austrália, Mali e Níger mostram que a transferência da gestão da irrigação tem, dentre as suas principais

¹⁹ São dois tipos de tarifas: K1 = amortização do capital investido pelo Estado; K2 = corresponde à tarifa mensal cobrada pelo uso da água e leva em conta as despesas de operação e manutenção do distrito de irrigação, a quantidade de água fornecida e a área irrigável (CASTRO; NEVES; NAKATANI, 2013).

motivações: reduzir a dependência de recursos do governo, aumentar a eficiência do uso da água ao transferir a responsabilidade para os usuários, possibilitar o controle sobre a receita gerada pela cobrança da tarifa de operação e manutenção do PPI e, em alguns casos, permitir uma gestão participativa dos usuários (DICKO et al., 2020; PASSADOR; PASSADOR; MOREIRA, 2009).

Esses distritos são dirigidos pelos próprios irrigantes que elegem sua representação para os Conselhos de Administração e Fiscal. O distrito estabelece a contratação de um gerente executivo e da equipe necessária para operar o PPI. A um representante da CODEVASF são garantidos voz e voto no Conselho de Administração (SALES, 2019).

Embora o modelo organizacional esteja consolidado, as experiências de sucesso, ou não, são inerentes a cada PPI e novos modelos de parceria público-privadas são propostos (CASTRO; NEVES; NAKATANI, 2013), aos moldes do que é observado no Chile e África do Sul, por exemplo (ROOSE; PANEZ, 2020; LANARI et al., 2021). Há, no entanto, posições divergentes em relação à capacidade de expansão dos projetos de irrigação. Por um lado, há uma justificativa para incentivar o desenvolvimento desses projetos baseada na melhoria de indicadores macroeconômicos (como o IDH e VBP) das regiões onde são implementados os PPIs, bem como, na viabilização de produção de alimentos em áreas cujo fator limitante é a água (SCHMITT; ROSA; DAILY, 2022). O sucesso técnico²⁰ da agricultura irrigada no VASF, e a viticultura é um claro exemplo disso, é corroborado pela inserção de culturas que outrora não eram cogitadas para a região, com produtividade maior do que a média nacional e alto valor agregado.

Todavia, deve-se considerar abordagens críticas a esse modelo, as quais questionam a capacidade de suporte ambiental (principalmente hídrica) para a manutenção e expansão das áreas irrigadas, sobretudo em um cenário de mudanças climáticas, que apontam para um potencial agravamento de períodos de seca. Ademais, essas análises críticas tecem também observações sobre as relações trabalhistas, às vezes precárias, encontradas em modelos de produção agrícola de grande escala, como aqueles praticados nos perímetros irrigados. Eles reproduziriam discursos utilizados em modelos de gestão industrial e do

²⁰ A noção de sucesso empregada aqui diz respeito à viabilização de cultivos agrícolas por causa da irrigação.

mercado financeiro, incorrendo às realidades díspares encontradas dentro dos próprios PPIs a submissão a uma lógica baseada na financeirização da água, assimetria de acesso aos meios de produção e possíveis benefícios gerados por essa, e pressão sobre a provisão e funcionamento ecossistêmicos (BOELENS; VOS, 2012; BUDDS, 2004; FRANÇA, 2020; PONTES et al., 2013).

Este trabalho reconhece a legitimidade das justificativas para o desenvolvimento dos PPIs, bem como, das críticas destinadas aos impactos sociais e ecológicos gerados a partir da implementação desses. No entanto, esta ampla análise não tem como emblema promover ou condenar a existência de tais projetos, mas sim fornecer um diagnóstico propositivo para a viticultura praticada em projetos públicos de irrigação, ancorado em diferentes perspectivas operantes na região e que, necessariamente, deverão buscar estratégias de adaptação às mudanças indelévels do clima. E que tenham como ponto de partida o reconhecimento da sua capacidade de suporte socioambiental imediata e futura.

1.5. Linha do tempo resumida da viticultura irrigada (1542-2013)

O quadro abaixo foi confeccionado com o objetivo de sintetizar e organizar em uma linha do tempo os fatos históricos relevantes para a construção da viticultura e dos projetos públicos de irrigação no Vale do São Francisco. Grande parte dessas informações já foram apresentadas nas subseções anteriores deste capítulo. As referências são apresentadas em outro quadro (Quadro 1.2), subsequente a esse.

Quadro 1.1. Síntese dos principais fatos históricos relacionados à viticultura e aos projetos públicos de irrigação no Vale do São Francisco

Fatos históricos relacionados à viticultura e aos PPIs do Vale do São Francisco (Capítulo 1)			
Ano	Descrição do fato	Referência	Subseção
1542	Introdução e cultivo de videiras nas Ilhas de Itaparica (BA) e Itamaracá (PE), cessado em 1636 com a dominação holandesa. O cultivo em escala comercial só seria retomado no século XX, desta vez no interior do continente.	1 e 2	1.3
1909	Criação da Inspetoria de Obras contra as Secas (IOCS) (atual DNOCS - Departamento de Obras Contra as Secas) no governo do então presidente Nilo Peçanha. Responsável pela construção de açudes destinados ao armazenamento de água nas estações chuvosas.	3 e 4	1.4
1932	É construída, em Belém do São Francisco (PE), a primeira roda d'água para elevação de água para irrigação.	5	1.4
1948	Criação da CVSF (Comissão do Vale do São Francisco) no governo de Getúlio Vargas.	5	1.4
1948	Criação da CHESF (Companhia Hidrelétrica do Nordeste).	6	1.4
1950	Implantação de empreendimentos públicos voltados para a agricultura irrigada.	7	1.4
1950	Nessa década são construídos canais e utilizadas motobombas para captação e condução das águas. A UHE de Paulo Afonso começa a ser construída.	7	1.4
1950	O bispo da diocese de Petrolina, Dom Avelar Brandão Vilela, lidera o "Posto de Colonização" e as "Semanas Ruralistas", as quais desenvolveram a agricultura irrigada na região, inclusive com a introdução de cultivares de uvas viníferas.	5	1.3 e 1.4
1952	Fundação do Banco do Nordeste.	8	1.4
1954	Entra em operação a UHE Paulo Afonso I.	6	1.4
1956	O grupo italiano Cinzano se instala em Floresta (PE), plantando 100 mil videiras de cultivares híbridas destinadas à produção de vermouths.	2 e 7	1.3
1957	O então deputado federal Milvernes Cruz Lima inicia o plantio de um vinhedo comercial em Belém do São Francisco (PE). Em 1960, Milvernes teria recebido material vegetativo proveniente da Estação Experimental de São Roque (SP). O vinhedo de Milvernes já era conduzido em espaldeira e estava sob cuidados de um técnico português de alcunha "Cabral".	2 e 7	1.3
1958	O espanhol José Molina Membrado empreende o cultivo de videiras em Santa Maria da Boa Vista (PE). Em 1965 ela teria cerca de 5 ha das cultivares Ferral Preta, Pirovano 65 (Itália), Alphonse Lavalée, Príncipe Negro e Califórnia.	2 e 7	1.3
1959	Criação da SUDENE (Superintendência do Desenvolvimento do Nordeste) e do GISF (Grupo de Irrigação do São Francisco).	3	1.4
1959	O engenheiro agrônomo e pesquisador do Instituto Agronômico de Campinas (IAC) Wilson Corrêa Ribas, da Estação Experimental de São Roque (SP) visita a região e elabora um relatório intitulado "Observações sobre as possibilidades de viticultura no Médio São Francisco". Nesse documento, Ribas menciona um vinhedo localizado no Posto do Rio Salitre, conduzido no sistema latada e plantado em pé franco que teria mais de 30 anos.	2	1.3

1960	Com o advento da energia elétrica, passa-se a utilizar eletrobombas. Há ampliação das áreas irrigadas. Inicia-se o desenvolvimento do Polo Fruticultor.	7	1.4
1961	Entra em operação a UHE Paulo Afonso II.	6	1.4
1963	O GISF/SUDENE, em conjunto com a FAO, instala a Estação Experimental nos latossolos de Petrolina, em Bebedouro.	5	1.4
1964	O GISF/SUDENE, em conjunto com a FAO, instala a Estação Experimental nos vertissolos de Juazeiro, em Mandacaru.	5	1.4
1966	A SUDENE, em conjunto com a FAO, realiza um extenso levantamento pedológico de potenciais áreas irrigáveis. São identificadas três áreas em Petrolina (Bebedouro, Massangano e Pontal) e quatro áreas em Juazeiro (Salitre, Tourão, Maniçoba e Curaçá).	5	1.4
1966	A Estação Experimental de Mandacaru recebe o material vegetativo oriundo da coleção de cultivares da Estação Experimental de São Roque (SP). Esse material recebeu atenção dos técnicos da SUDENE e foi complementada com cultivares provenientes do IAC. Em 1968, essa coleção foi ampliada com mudas enxertadas sobre V. rupestris, importados da Itália pela FAO.	2	1.3
1967	A CVSF passa a se chamar SUVALE (Superintendência do Vale do São Francisco)	7	1.4
1968	A SUDENE implanta o projeto de irrigação Bebedouro (PE).	7	1.3 e 1.4
1968	Criação do GEIDA (Grupo Executivo para Irrigação e Desenvolvimento Agrícola).	3	1.4
1968	A partir da implantação do PI Bebedouro a CODEVASF (então SUVALE), passa a assumir a execução do Plano de Irrigação do São Francisco, antes designado à SUDENE.	5	1.4
1969	O empresário paulista Franco Persico instala a Fazenda Milano. Esse empreendimento contou com financiamento da SUDENE e levou à fundação da Vinícola Vale do São Francisco	7	1.3
1970	É estabelecido um modelo de emancipação dos projetos públicos de irrigação, de modo a reduzir o aporte financeiro por parte do governo e promover a auto-gestão dos projetos.	3	1.4
1970	Mamuro Yamamoto migra do Paraná, onde era um grande produtor de batata, para empreender na vitivinicultura do VASF. Implanta vinhedos comerciais na Fazenda Ouro Verde I, em Lagoa Grande (PE) e Ouro Verde II, em Casa Nova (BA). Os empreendimentos de Yamamoto chegaram a produzir 800 mil litros de vinho e 1 milhão de caixas de uvas de mesa ao ano. A Fazenda Ouro Verde II ainda está em operação. A vinícola ali instalada é administrada pelo Grupo Miolo.	1	1.3
1971	A SUDENE implanta o projeto de irrigação Mandacaru (BA). Nesse projeto existiu uma coleção de variedades de uva para vinho e mesa.	7	1.3 e 1.4
1971	Entra em operação a UHE Paulo Afonso III.	6	1.4
1972	A Estação Experimental de Mandacaru foi incorporada ao acervo da SUVALE (depois CODEVASF).	2	1.3
1974	A SUVALE passa a se chamar CODEVASF.	7	1.3
1975	A Embrapa instala em Petrolina (PE) a unidade denominada Centro de Pesquisa Agropecuária do Trópico Semiárido (CPATSA). Nesse período é iniciada a conversão de culturas anuais (cebola, por exemplo) para culturas perenes (frutas).	7	1.3

1979	Entra em vigor a Lei da Irrigação nº 6.662, a qual transfere ao governo federal o poder de expropriação de terras irrigáveis.	3	1.4
1979	Início da operação da Usina Hidrelétrica de Sobradinho, à época o maior lago artificial do mundo.	6	1.4
1980	A produção de frutas, em especial a uva, é catapultada nessa década.	7	1.3
1980	Nessa década, é implementado um sistema de gerenciamento coletivo dos perímetros irrigados, aos moldes de um condomínio.	3	1.4
1985	Implementação do PRONI (Programa Nacional de Irrigação) e do PROINE (Programa de Irrigação do Nordeste).	3	1.4
1987	A região possuía 900 ha de vinhedos: 65% Itália, 22% Piratininga e 13% cultivares para vinho. Eram 143 produtores.	2	1.3
1988	É fundada a Associação dos Produtores e Exportadores de Hortigranjeiros e Derivados do Vale do São Francisco (VALEXPORT).	7	1.3
1990	No ano-safra 1989/1990 o VASF exportou 500 t de frutas. Esse número subiria para 34 mil t no ano-safra 1993/1994.	1	1.3
1990	Nessa década, entre os anos 1991 e 1997, o VASF experimentou um maior crescimento na área cultivada por videiras em comparação a outras regiões do Brasil, principalmente a região Sul. Eram 1935 ha em 1991. Em 1997 já havia 4368 ha.	1	1.3
1992	Fundação do Brazilian Grapes Marketing Board (BGMB), que em 2005 assumiria o nome de Brazilian Grapes Marketing Association (BGMA). Constituída primeiramente como uma câmara setorial vinculada à VALEXPORT, atuou como um consórcio de empresas exportadoras de uva.	9	1.3
1993	Lei nº 8.658 de maio de 1993 modificada pela Lei nº 9.433 de janeiro de 1997. Dispõe sobre o Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos, que resulta na Política Nacional de Recursos Hídricos. Nessa política a água é reconhecida como um recurso com valor econômico, de fonte limitada e público. Ademais, em situações de escassez hídrica, ficam definidas como prioridades o consumo humano e a dessedentação de animais.	3	1.4
1996	No governo Fernando Henrique Cardoso, é lançado o projeto Novo Modelo de Irrigação, que consiste em um programa de apoio ao desenvolvimento da fruticultura irrigada no Nordeste.	3	1.3 e 1.4
1998	São criados os Polos de Desenvolvimento Integrado do Nordeste. A atuação do setor fruticultor do Polo de Desenvolvimento Petrolina/Juazeiro junto ao mercado externo é ampliada.	3	1.3 e 1.4
1998	É observada uma redução na verba alocada para manutenção e desenvolvimento dos perímetros irrigados.	3	1.4
2002	A área de atuação da CODEVASF passa a abarcar também o Rio Parnaíba.	10	1.4
2003	O Conselho Nacional de Recursos Hídricos, por meio da Resolução nº 32 de 2003, institui a divisão do território nacional em 12 regiões hidrográficas, considerando aspectos ambientais, sociais e econômicos. Essa delimitação difere-se na divisão do território nacional em 8 bacias hidrográficas, a qual é definida como um ponto de confluência de águas superficiais.	3	1.4

2004	As fortes chuvas que assolaram a região nesse ano, quebraram uma trajetória ascendente do volume e valor de exportação de uvas que vinha desde 1998 e se estendeu até 2007.	1	1.3
2010	O PAC 2 (Programa de Aceleração do Crescimento), lançado no último ano do governo Lula, previu a recuperação dos perímetros irrigados, entre eles os PPis Nilo Coelho e Bebedouro.	3	1.4
2013	Instituída a Lei 12.787 de 11 de janeiro de 2013, que dispõe sobre a Política Nacional de Irrigação.	11	1.4

Referências

Quadro 1.2. Referências utilizadas no quadro sobre a cronologia dos fatos históricos

1	SILVA, P.C.G.; CORREIA, R.C.; SOARES, J.M. 1 - Histórico e importância socioeconômica. In: SOARES, J.S. e LEÃO, P.C.S. (eds.) A vitivinicultura no semiárido brasileiro. Petrolina-PE: Embrapa, 1a ed., 2009, 756 p.
2	GOES, E.S. e ALBUQUERQUE, T.C.S. A uva no sub-médio São Francisco – Histórico e perspectivas. Comunicado apresentado na 3a reunião do Conavin (Petrolina, novembro/1987). Disponível em: https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/handle/doc/133858?locale=em . Acesso em: 19 abr. 2023.
3	VIDAL, M.F. e EVANGELISTA, F.R. Irrigação na área de atuação do Banco do Nordeste do Brasil. Escritório Técnico de Estudos Econômicos do Nordeste (ETENE). 2012.
4	DNOCS. História. Departamento Nacional de Obras Contra as Secas, 2021. Disponível em: https://www.gov.br/dnocs/pt-br/aceso-a-informacao/institucional/historia . Acesso em: 19 abr. 2023.
5	POSSÍDIO, E.D. Petrolina - um sertão verde. EMBRAPA Documentos n. 82, fev/1997, p. 1-6. Disponível em: https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/handle/doc/132917 . Acesso em: 19 abr. 2023.
6	CHESF. Fatos históricos. Companhia Hidrelétrica do Nordeste, 2023. Disponível em: https://www.chesf.com.br/Comunicacao/Pages/Fatos%20Hist%C3%B3ricos/FatosMarcos.aspx . Acesso em: 19 abr. 2023.
7	DA HORA, G.B.; MATTOSINHO, C.M.S.; XAVIER, M.G.P. Inovação na indústria vitivinícola do Vale do São Francisco. Aracaju-SE: Editora IFS, 1. ed., 2016, 86 p.
8	BNB. História. Banco do Nordeste do Brasil, 2023. Disponível em: https://www.bnb.gov.br/institucional/historia . Acesso em: 19 abr. 2023.
9	GONÇALVES, W.M. Confiança, ECT e formas organizacionais: um framework aplicado na vitivinicultura da Serra Gaúcha e do Vale do São Francisco. 2008. 210 f. Tese (Doutorado em Agronegócios) - Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2008.
10	SALES, P.H.P. Os projetos públicos irrigados, vetores do desenvolvimento econômico-social no semiárido brasileiro: uma análise comparativa sob a ótica da gestão estratégica. 2019. 92 f. Dissertação (Mestrado Profissional em Dinâmicas de Desenvolvimento do Semiárido) - Universidade Federal do Vale do São Francisco, Petrolina, 2019.
11	BRASIL. Lei 12.797 de 11 de janeiro de 2013 - Política Nacional da Irrigação. Disponível em: https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2011-2014/2013/lei/l12787.htm . Acesso em: 25 abr. 2023.

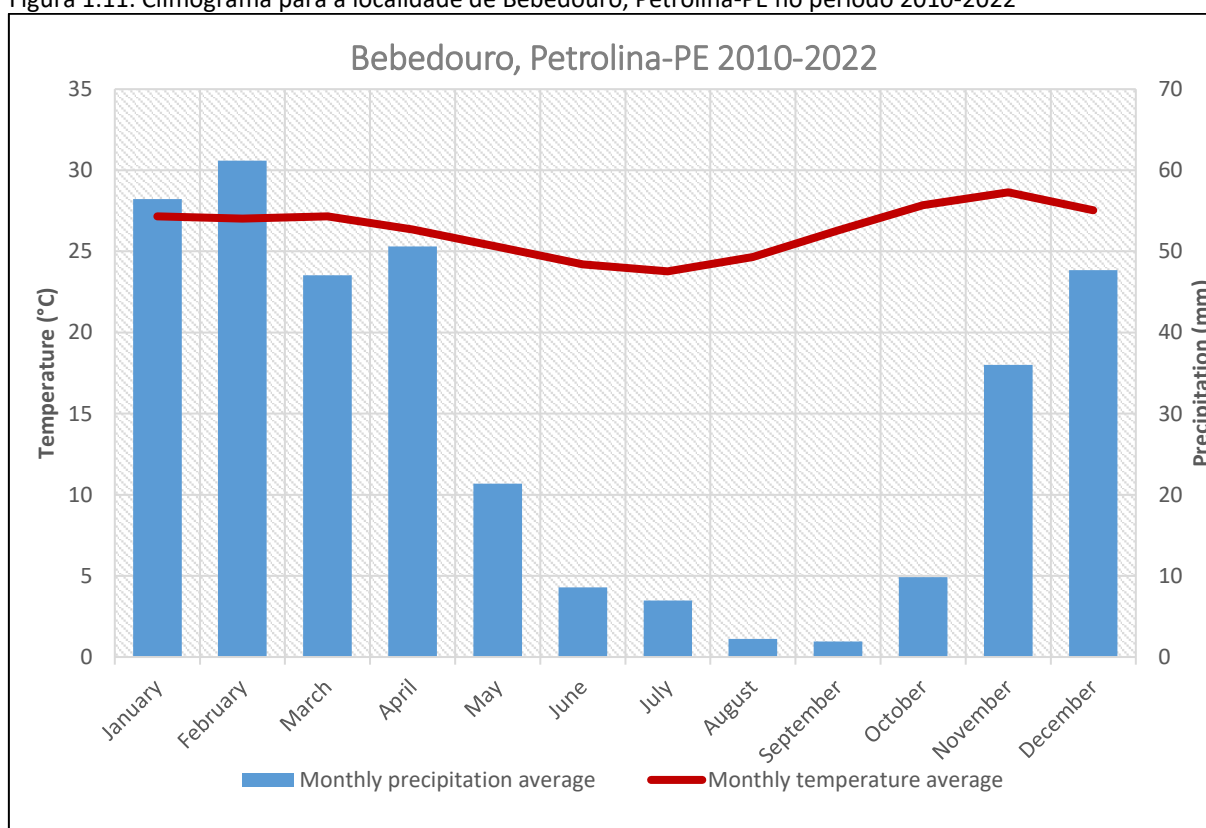
1.6. O período 2010-2022

O período de análise do estudo se estende de 2010 a 2022. Esse período começa no ano imediatamente anterior ao início do intervalo no qual observou-se um regime de precipitação pluviométrica abaixo da média histórica (2011-2019), e que desencadeou uma

crise hídrica grave com o comprometimento da capacidade de abastecimento pelos reservatórios da região (CUNHA et al., 2019; MARENGO ORSINI et al., 2018). E findando no início de 2023, considerando os dados consolidados para o ano inteiro de 2022. De toda forma, o período de entrevistas e coleta de dados a campo deu-se em julho/agosto de 2023.

Para efeito descritivo, na figura abaixo, é apresentado um climograma que expressa a temperatura média mensal e a precipitação média mensal para a localidade de Bebedouro no período entre 2010 e 2022.

Figura 1.11. Climograma para a localidade de Bebedouro, Petrolina-PE no período 2010-2022



Fonte: Elaborado a partir de dados da estação meteorológica Bebedouro (09°08'12,3''S, 40°18'31,6''W), disponibilizados pela Embrapa Semiárido. Data de processamento: 21/11/2023.

Na Figura 1.11 é possível observar a dinâmica anual do regime pluviométrico e temperatura típicas da região, onde a maior parte da precipitação se concentra entre os meses de novembro e abril (DE MOURA; SOBRINHO; DA SILVA, 2019). Entre os meses de maio e outubro a precipitação diminui, sendo setembro o mês mais seco. A temperatura pouco oscila. No entanto, é um pouco menor ao longo dos meses secos.

Ainda em termos descritivos, na Tabela 1.1 propõe-se uma comparação da temperatura média anual e da precipitação anual entre diferentes intervalos de tempo cobertos pelos dados da estação meteorológica Bebedouro, disponibilizados pela Embrapa Semiárido (EMBRAPA, 2023). A série temporal coberta pelos dados dessa estação meteorológica se estende de 2003 a 2023. Porém, os anos com dados para todos os meses do ano começam em 2004 e findam em 2022. Portanto, na Tabela 1.1 é apresentada uma média das médias anuais de temperatura e do acúmulo de chuva para os intervalos, 2004-2022, que compreende toda a série temporal completa disponibilizada; 2010-2022, que é a série deste estudo; 2011-2019, que é o período no qual foi observado um déficit hídrico maior que o normal para a região; e 2004-2010 + 2020-2022, que são os anos que não estão compreendidos no intervalo de seca.

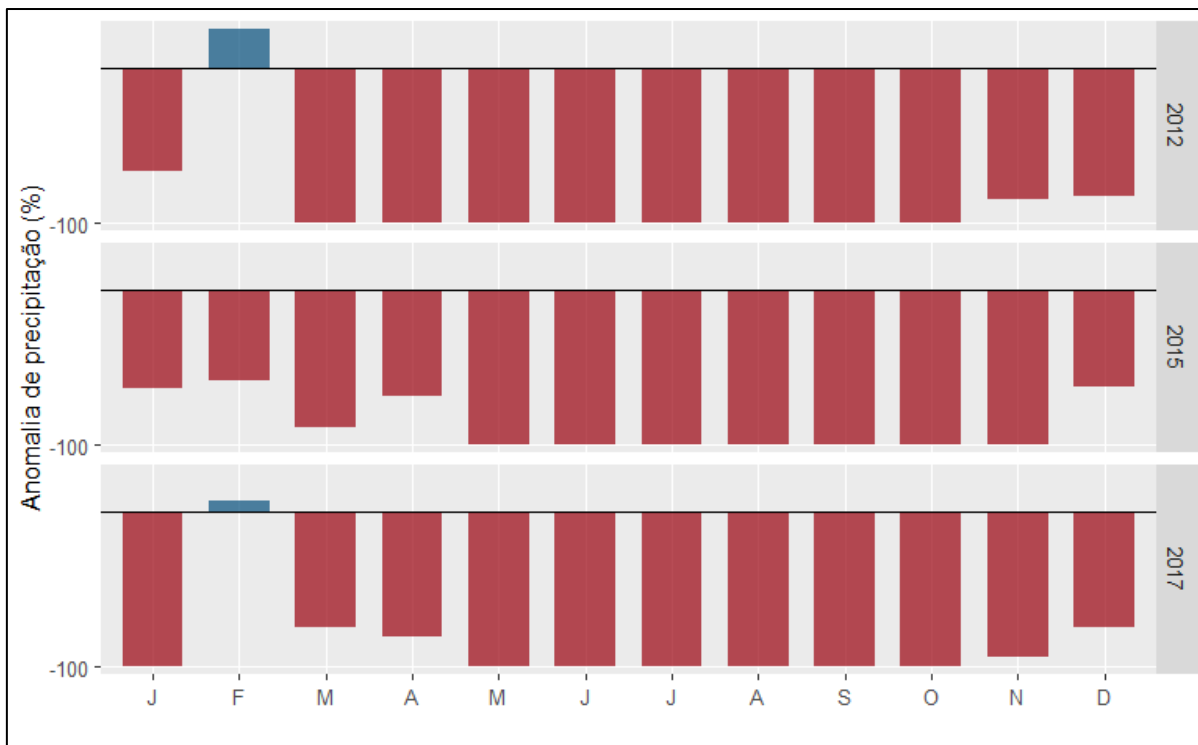
Tabela 1.1. Médias de precipitação e temperatura anuais em Bebedouro para o período 2004-2022 e outros recortes

Variável	2004-2022	2010-2022	2011-2019	2004-2010 + 2020-2022
Prec (mm)	400,68	349,94	260,86	502,93
Ta (med) (°C)	26,19	26,27	26,46	25,95

Nota: Prec = precipitação média anual, Ta (med) Temperatura média anual. Fonte: Elaborado a partir de dados da estação meteorológica Bebedouro (09°08'12,3"S, 40°18'31,6"W), disponibilizados pela Embrapa Semiárido. Data de processamento: 23/11/2023.

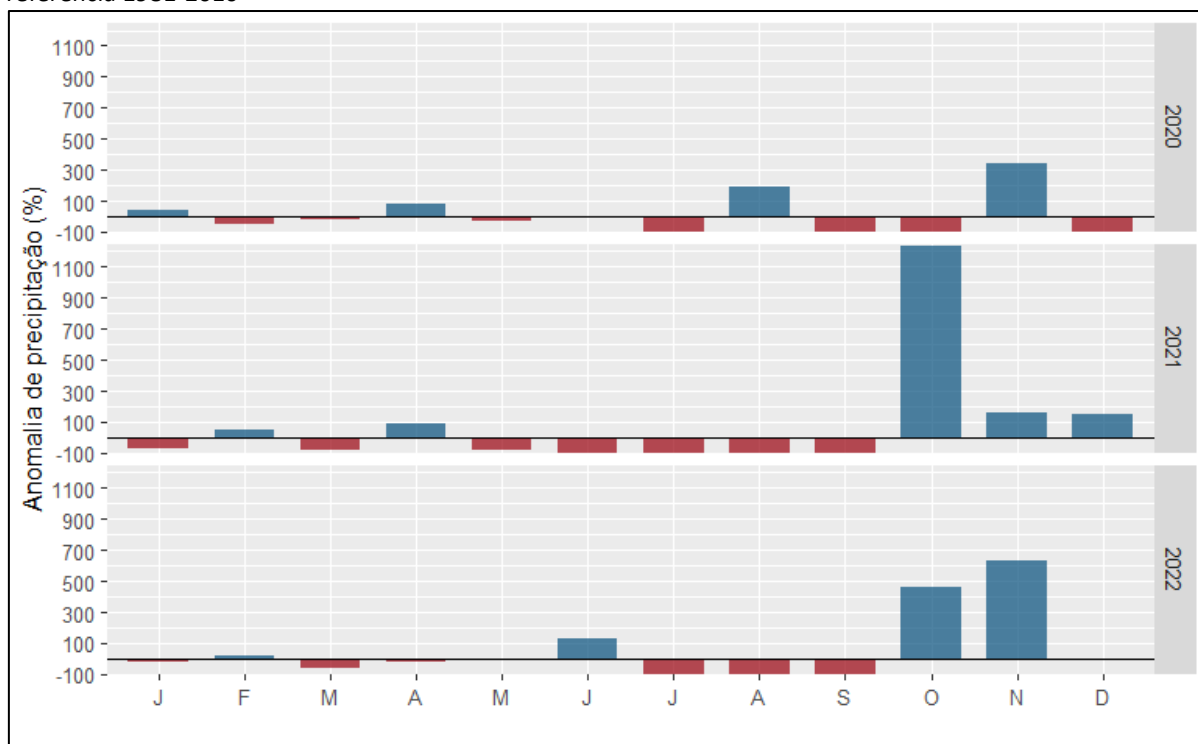
Com base na simples estratificação temporal apresentada na Tabela 1.1, é possível visualizar a diferença substancial de precipitação entre o período 2011-2019 (média de 260,86 mm/ano) e o período 2004-2010 + 2020-2022 (média de 502,93 mm/ano) para a localidade de Bebedouro. O ano de 2012 foi o mais seco registrado na série 2004-2022, no qual foram registrados apenas 93,22 mm de chuva e temperatura média anual de 26,68°C. Já o ano de 2009 foi o mais chuvoso, no qual foi observada precipitação de 820,24 mm e temperatura média anual de 24,91°C.

Figura 1.12. Anomalias de precipitação (%) para três anos mais secos em Petrolina/Juazeiro desde 2011 – referência 1981-2010



Nota: Elaboração própria com dados da estação pluviométrica da CHESF, localizada na Ilha do Fogo, em Juazeiro-BA (9°24'23.58", 40°30'14.22"O). Valores de -100% indicam que não ocorreu precipitação. Médias anuais de precipitação: 1981-2010 = 449 mm; 2015 = 112 mm (-337 mm); 2017 = 127 mm (-322 mm), 2012 = 130 mm (-319 mm).

Figura 1.13. Anomalias de precipitação (%) para três anos mais chuvosos em Petrolina/Juazeiro desde 2011 – referência 1981-2010



Nota: Elaboração própria com dados da estação pluviométrica da CHESF, localizada na Ilha do Fogo, em Juazeiro-BA (9°24'23.58", 40°30'14.22"O). Valores de -100% indicam que não ocorreu precipitação. Médias anuais de precipitação: 1981-2010 = 449 mm; 2020 = 500 mm (+51 mm); 2021 = 603 mm (+154 mm); 2022 = 623 mm (+174 mm).

Segundo os dados da estação pluviométrica da CHESF, utilizados para elaborar as Figuras 1.12 e 1.13, os três anos mais secos da série histórica 1977-2023 compreendem o subperíodo 2011-2019, são eles: 2015 (112 mm), 2017 (127 mm) e 2012 (130 mm). Já os três anos mais chuvosos dessa série são 1985 (965 mm), 1977 (737 mm) e 1989 (713 mm). Desde 2011 os anos de 2020, 2021 e 2022 foram os mais chuvosos. As anomalias de precipitação para esses anos indicam que os períodos secos e chuvosos permanecem bem definidos mesmo nos anos chuvosos, porém o volume de precipitação é expressivamente maior, sobretudo entre os meses de outubro a dezembro. Já em anos secos, em todos os meses é observada uma precipitação (ou a total falta dela) abaixo da média climatológica.

Em uma revisão sobre a frequência, duração e severidade das secas na região Nordeste do Brasil, Brito et al. (2017) avaliaram o período 1981-2016 a partir do SPI (standardized precipitation index) e do VHI (vegetation health index)²¹. Os resultados

²¹ Mais sobre o Monitoramento das Secas no Brasil e os índices podem ser encontrados no [Anexo IV](#).

mostraram que o maior impacto sobre a região ocorreu na seca prolongada observada entre 2011 e 2016. Ao longo desse período, todos os estados da região Nordeste foram atingidos pela seca em alguma medida e mais de 10 milhões de habitantes experimentaram a escassez hídrica de alguma forma. Estima-se que o custo financeiro gerado pelo fenômeno tenha sido de cerca de R\$ 10 bilhões, sendo: R\$ 3,6 bilhões de perdas em cultivos agrícolas, R\$ 3,2 bilhões de perdas com a pecuária e R\$ 3,2 bilhões gastos em seguros agrícolas. Segundo esse estudo (BRITO et al., 2018), o período severo de seca observado tem relação com episódios de ENSO (El Niño South Oscillation) e com o gradiente de temperatura da superfície do mar no Norte Tropical e Atlântico Sul, esse último determinando a posição mais meridional da ZCIT.

Em outro estudo na região Nordeste, relacionado ao mesmo período (2012-2016), Mariano et al. (2018) investigaram a relação entre a degradação de terras por eventos de seca e por atividades antrópicas²². A partir de dados remotos de albedo, LAI (Leaf Area Index) e evapotranspiração, os autores observaram que a vegetação não foi capaz de se regenerar ao longo dos sucessivos anos de seca ocorridos no período. Porém, eles não são taxativos em afirmar se houve degradação da vegetação, uma vez que o período pós-seca não foi analisado. Cabe aqui pontuar que, mesmo uma vegetação adaptada às condições climáticas da região mostrou sinais de estresse ao longo de eventos extremos de seca. Portanto, a uma cultura agrícola exótica, não resta nada além da irrigação para torná-la viável.

A alteração no ciclo de fenológico da vegetação nativa do semiárido nordestino também foi observado por Mutti et al. (2019), ao comparar anos chuvosos (2009) e secos (2012) na bacia do Rio Piranhas-Açu, que percorre os estados da Paraíba e Rio Grande do Norte. A normal climatológica para a bacia estudada variou de 550 mm a 1.000 mm. O ano de 2009 apresentou uma anomalia de +375 mm, enquanto em 2012 a anomalia de precipitação foi de -463 mm.

As implicações socioambientais dos eventos de seca são amplamente estudadas no semiárido nordestino e abordam desde aspectos de segurança alimentar, especialmente em zonas rurais desassistidas por projetos de irrigação, até fluxos migratórios entre zonas

²² Land degradation é parte do conceito mais amplo de desertificação, que é definida como a degradação da terra em áreas áridas, semiáridas e sub-úmidas secas, que resultam de variações climáticas e ações antrópicas. É levada em consideração a supressão da vegetação nativa como fator de degradação (MARIANO et al. 2018).

rurais e urbanas, possivelmente causados por frustrações sucessivas de safras agrícolas e criação de animais (CORREIA; BARBIERI, 2019; MESQUITA; WITTMAN; MOTA, 2016). A dinâmica social e as estratégias de adaptação estão sujeitas à variabilidade intra e interanual e às mudanças do clima, e variam consideravelmente dentro e fora dos perímetros irrigados e entre os mesmos. Será esse modelo organizacional capaz de adaptar-se a extremos de seca como o observado entre 2011 e 2019?

CAPÍTULO 2 – CORRENTEZA



Canal de irrigação e vinhedo ao fundo. Projeto Público de Irrigação Bebedouro, Petrolina, Pernambuco. Registro feito pelo autor durante pesquisa de campo realizada em agosto de 2023.

2. Abordagens teóricas

Já no título deste documento é trazido um conceito polissêmico e que é amplamente discutido e aplicado nas ciências sociais e ambientais: vulnerabilidade. Qualifica esse conceito o termo “socioclimático(a)”, que também é empregado para adjetivar outro: “dinâmica”. A opção por essa conceituação ancora-se em abordagens teóricas que, espera-se, auxiliem na explicação e na compreensão das dinâmicas sociais e climáticas impostas à, ou derivadas da viticultura irrigada praticada nos Projetos Públicos de Irrigação (PPIs) Bebedouro e Nilo Coelho, localizados no Vale do Rio São Francisco.

Dando sequência às apresentações da estrutura da tese e do contexto em que se situa a pesquisa (Introdução e Capítulo 1), este capítulo apresenta as abordagens que servirão como base para os capítulos seguintes (3 e 4). Em alguma medida, os conceitos, e suas respectivas definições e referências, são retomados resumidamente nos próximos capítulos, pois esses assumem o formato de artigos científicos e estão redigidos na língua inglesa, limitando o espaço textual dedicado à apresentação das abordagens teóricas. Portanto, neste Capítulo 2, busca-se explanar de forma um pouco mais aprofundada os conceitos de vulnerabilidade socioclimática – que estará bastante presente no Capítulo 4 - e a Personal Construct Theory (PCT), que é base para a técnica de coleta de dados chamada Repertory Grid Technique (RGT), que é aplicada junto aos atores do Vale do Rio São Francisco (VASF) e apresentada no Capítulo 3.

Não se pretende aqui retratar o estado da arte das prováveis gêneses das teorias e conceitos, bem como, a construção dialética dessas abordagens. Outros textos já o fizeram com maestria e podem ser revisitados pelo leitor interessado no conceito de vulnerabilidade (ADGER, 2006; CAMPOS, 1997; CUTTER, 2003; EAKIN; LUERS, 2006; HOGAN; MARANDOLA JR., 2005) e na Personal Construct Theory (BUTLER, 2009; FRANSELLA, 2003).

Segue-se a esse apanhado teórico uma descrição conceitual do fenômeno da seca e seus efeitos ao longo do tempo e em diferentes escalas.

2.1. Vulnerabilidade socioclimática

O conceito de vulnerabilidade assume diferentes concepções e, conseqüentemente, é operacionalizado de diferentes formas, sobretudo em estudos ambientais que buscam avaliar a sensibilidade e a exposição geo e biofísica de um determinado sujeito, grupo, comunidade ou população a um risco ou fenômeno natural (enchentes, ciclones e granizo, por exemplo). Geralmente esse risco é medido por sua probabilidade matemática de ocorrência em um determinado espaço e tempo, e que tem como causa a produção de danos e perigos específicos, cujos efeitos podem ser maiores ou menores a depender do grau de vulnerabilidade (ADGER, 2006; MARANDOLA JR.; HOGAN, 2009).

Como é possível deduzir, o conceito de vulnerabilidade implica na consideração de que sua complexidade pode ser representada por (i) multiníveis (local, regional ou global); (ii) fenômenos abióticos de diferentes naturezas e efeitos potenciais diversos; (iii) multiescalas, implicando em desafios quanto à evidenciação de discrepâncias espaciais dos fenômenos e previsibilidade temporal da ocorrência dos mesmos, principalmente para variáveis de dinâmica lenta e pouco perceptíveis, como aquelas imbricadas às mudanças climáticas e ao fenômeno da seca; e (iv) a magnitude dos impactos sociais, econômicos, políticos e ambientais causados pelo fenômeno.

São notórios os esforços e avanços de diferentes disciplinas como a geografia, a demografia, a sociologia e a psicologia quanto à mobilização e aplicação do conceito de vulnerabilidade (SOUZA & LOURENÇO, 2015). Porém, como esperado de algo multifacetado, a vulnerabilidade é instrumentalizada de diferentes formas. Isso pode reforçar o pluralismo - algo visto de forma positiva por possibilitar a apreciação de diferentes pontos de vista sobre um mesmo problema -, ao mesmo tempo em que pode acentuar a confusão ao significar coisas diferentes a depender do fenômeno observado.

Desde a década de 1980, período em que o conceito de vulnerabilidade passou a ser amplamente utilizado, a abordagem geográfica, para qual a vulnerabilidade é a suscetibilidade geo e biofísica do lugar a riscos naturais, passou a ser insuficiente para compreensão do que é causa e do que é efeito em situações de desastre, por exemplo. Desse

modo, estudos demográficos inseriram como variáveis os aspectos sociodemográficos (tais como tamanho da família, nível educacional e gênero) como prováveis preditores da capacidade de resposta e adaptação a situações de materialização dos riscos. Em geral, ambas as abordagens se valem de observações a partir de dados disponíveis em bases de fontes secundárias e que expressam as dinâmicas em nível regional e até mesmo global (MARANDOLA JR.; HOGAN, 2005).

Da mesma forma, sobretudo na década de 1990, com a introdução da teoria social da Sociedade de Risco (BECK, 2010) a essa discussão, passou-se a questionar o ordenamento do binômio causa-efeito. Para Beck, a produção de riscos, principalmente aqueles que afetam ecossistemas e modos de vida, é o reflexo dos avanços técnico-científicos da sociedade moderna, atingindo as populações do planeta de forma desigual. A Sociedade de Risco leva em conta as dinâmicas globais de industrialização e acordos intergovernamentais para mitigação dos riscos. Entretanto, parece haver nessa lógica a assunção que a agência do sujeito é inibida ou, até mesmo, suprimida por resoluções tomadas por instâncias superiores (top-down), parecendo não haver solução tecnológica e política para os problemas complexos da modernidade.

Estudos prévios têm discutido de forma crítica e propositiva: (i) os desafios impostos pela necessidade da adoção de abordagens interdisciplinares para avaliação e análise da vulnerabilidade (HOGAN; MARANDOLA, 2005; IWAMA et al., 2016); (ii) a caracterização das fundações epistêmicas que amparam o conceito e propostas de como integrá-las ou complementá-las (ADGER, 2000; CUTTER, 2003; MARANDOLA JR.; HOGAN, 2005; MILLER et al., 2010; REED et al., 2013); (iii) a representação sintética e a comunicação por meio de indicadores, focadas em atender demandas das esferas de governança (HAHN; RIEDERER; FOSTER, 2009; LUDWIG; MATTEDI, 2016; MARANDOLA JR.; D'ANTONA, 2014); e (iv) a crítica política sobre as racionalidades implicadas na aplicação do conceito de vulnerabilidade (AZEVEDO, 2016; FRERKS; WARNER; WEIJS, 2011).

Em geral, os problemas de pesquisa em vulnerabilidade socioambiental partem de um nexos que tem como causa um evento extremo natural e como efeito um dano ambiental e/ou social. Dessa forma, fenômenos naturais e humanos são necessariamente considerados. Do ponto de vista estritamente ecológico, pode-se afirmar que há um fator abiótico (clima,

ciclos hidrológicos, fluxos de energia e matéria, por exemplo) e um outro fator biótico (organismos vivos), cuja interação é passível de previsão e modelagem. Por outro lado, há um ponto de vista sociológico, que busca explicar como as interações entre seres humanos/organismos vivos e o ambiente no qual estão inseridos acontecem e o que produzem. Esses pontos de vista aparentemente dicotômicos podem ser ilustrados como duas perspectivas distintas, uma a partir da natureza e outra a partir do humano.

Grande parte dos modelos teóricos empregados em estudos dessa natureza são explicativos, partindo de dados primários para explicar as interações geo e biofísicas, e dados secundários para explicar a dinâmica social (LAL et al., 2012). Dessa maneira, a natureza fala por si e é capaz de fornecer evidências suficientes para poder ser interpretada e explicada. A mesma racionalidade pode ser aplicada aos aspectos socioeconômicos, onde os indivíduos são identificados, agrupados, conhecidos e interpretados por meio de números e indicadores.

Especialmente na última década, alguns estudos no campo da vitivinicultura têm buscado abarcar a multidimensionalidade representada pelo conceito de vulnerabilidade (COSTA et al., 2015; NEETHLING et al., 2016). Em quase a totalidade desses estudos, as mudanças climáticas têm sido encaradas como o principal desafio e como um risco imediato e que já tem alterado a geografia vitícola global. O aumento da temperatura tem antecipado o ciclo fenológico das videiras, aumentando a exposição de vinhedos a geadas tardias²³ e modificando a aptidão de várias regiões – tradicionais ou não – para a produção de variedades que já estavam adaptadas às condições climáticas do local (MOSEDALE et al., 2016). A tendência trazida por esses estudos é clara: os viticultores enfrentarão condições mais secas e mais quentes, e a escassez hídrica é e será um perigo que demandará atenção e ações redobradas (VAN LEEUWEN et al., 2019).

Medrano et al. (2015) reforçam a necessidade de análises multinível, e a apreciação de variáveis inerentes a cada nível: desde a troca gasosa existente entre as folhas da videira e a atmosfera, até a pegada hídrica da produção de uvas em uma determinada

²³ Em termos vitícolas, a geada tardia geralmente ocorre no final do inverno ou início da primavera, período esse em que a planta está começando um novo ciclo fenológico e o tecido vegetal dos brotos jovens não suporta as temperaturas negativas. O congelamento causa necrose e frustra a safra vindoura. A brotação precoce, causada pelo aumento da temperatura, e que antecipa o ciclo da planta, justamente a expõe a uma janela com uma maior probabilidade de ocorrência de geadas tardias. É importante frisar, esse risco não assola o Vale do Rio São Francisco.

região hidrográfica. Uma das dimensões da vulnerabilidade que tem recebido importante atenção é a capacidade adaptativa. Em uma revisão sistemática, Naulleau et al. (2021) classificaram as práticas vitícolas de adaptação às mudanças climáticas, seja aquelas em experimentação ou as já implementadas, em duas categorias: de curto e de longo prazo. Portanto, também a escala temporal cumpre um papel importante em estudos de vulnerabilidade. Com o aumento da concentração dos gases de efeito estufa (GEE), há uma tendência maior de produção de biomassa, provocando a necessidade de adaptação de técnicas de manejo do dossel vegetativo, tais como a poda tardia, a desfolha e o sombreamento de cachos. Essas práticas de manejo, juntamente com a preservação da umidade do solo por meio da manutenção de plantas de cobertura e a gestão da irrigação, são consideradas ações adaptativas de curto prazo, as quais podem ser implementadas entre um ciclo fenológico e outro. No entanto, outras ações demandam um tempo maior para sua implementação, como a escolha do local para o plantio e o sistema de condução das plantas, a escolha de porta-enxertos e cultivares tolerantes a condições secas, e aspectos socioeconômicos, como a diversificação da propriedade e o acesso ao seguro agrícola.

Por ser uma condição, por vezes expressa sazonalmente, a vulnerabilidade é dinâmica. E, por ser uma função da sensibilidade, exposição e capacidade adaptativa de um indivíduo, comunidade ou região, muitas vezes os riscos são múltiplos. Um estudo no Okanagan Valley, Canadá, mostra que o viticultor percebe sua produção exposta a riscos climáticos, que demandam adaptações mandatórias, como um maior custo financeiro e ambiental com o controle de pragas e doenças, e a adoção do plantio de cultivares mais aptas ao regime climático que se impõe. O mesmo estudo apontou riscos não-climáticos, como a aceitação pelo consumidor de um produto diferente em termos organolépticos, e a concorrência com outras regiões produtoras onde os custos de produção são mais baixos (BELLIVEAU, SMIT, BRADSHAW, 2006).

Em outro estudo, dessa vez no sul da Austrália, os autores destacam que a escassez hídrica é o principal risco percebido por viticultores irrigantes, e que as ações de adaptação mudam conforme o sistema de produção: convencional, orgânico ou biodinâmico (WHEELER; MARNING, 2019). Uma abordagem semelhante foi utilizada para analisar a vulnerabilidade e a capacidade adaptativa de vitivinicultores a estresses ambientais na Califórnia, EUA (NICHOLAS, DURHAM, 2012). Nesse caso, é destacada a forma com que as

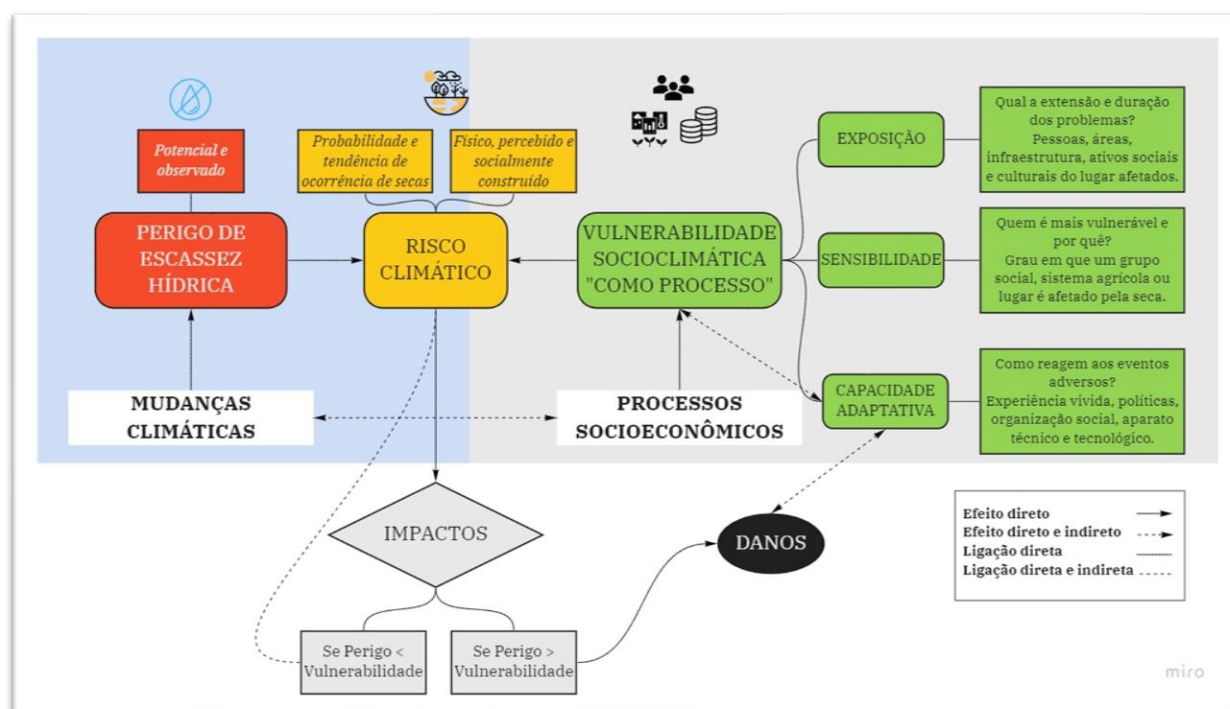
estratégias de adaptação às mudanças climáticas são elaboradas: há uma tendência de que, em um primeiro momento, as respostas aos estresses sejam individuais e não coletivas.

Considerando essa breve revisão do conceito de vulnerabilidade socioambiental e a operacionalização do mesmo em estudos voltados para a produção de uvas e vinhos, cabe aqui deixar claro qual definição será utilizada neste trabalho.

O termo “socioclimático(a)”, que qualifica o conceito de vulnerabilidade e a noção de dinâmica (ambos expressos no título desta tese), refere-se a fatores e variáveis que representam condições econômicas, arranjos sociais e variabilidade climática no contexto dos PPIs do VASF (ARMSTRONG; HOPE; MUNDAY, 2021; TORRES et al., 2012). Como já mencionado no capítulo introdutório, a vulnerabilidade socioclimática trata do conjunto de atributos e recursos intrínsecos a um indivíduo, local, sistema ou população que mediam ações necessárias em situações de materialização ou potencial ocorrência de riscos e perigos de natureza climática e meteorológica – secas, enchentes, tempestades. Bem como, a sensibilidade e a exposição de um determinado local a esses fenômenos (AQUINO et al., 2017; CUTTER, 2003; MARANDOLA JR., 2014).

O quadro analítico proposto considera as três dimensões da vulnerabilidade socioclimática (DOBKOWITZ et al., 2020; LUERS et al., 2003; REIS et al., 2020; VIEIRA et al., 2020): (i) exposição; (ii) sensibilidade; e (iii) capacidade adaptativa. A *exposição* local à seca, ou seja, a probabilidade das regiões serem afetadas por esse evento extremo, leva em conta variáveis edafoclimáticas, agrometeorológicas e hidrológicas; já a *sensibilidade* procura captar a relação da viticultura irrigada como um agroecossistema integrado ao ambiente e à sociedade, e o quanto a viticultura é impactada pela ocorrência de secas em termos técnicos, socioeconômicos, de uso da terra e infraestrutura; e a *capacidade adaptativa*, que busca avaliar a capacidade do sistema em adaptar-se a novas condições, nesse caso impostas pela seca, por meio dos recursos que o sistema dispõe, seja o nível e organização social e institucional, seja a infraestrutura técnica (práticas de cultivo e adoção de tecnologias) e econômica (acesso a seguro agrícola e crédito para investimento).

Figura 2.1. Proposta de quadro analítico da vulnerabilidade socioclimática à seca.



Fonte: Elaborado pelo autor baseado em IPCC, 2014; Iwama et al., 2016; Marandola Jr.; Hogan, 2009. Uma versão em inglês dessa figura foi publicada em Lovato e Zullo Junior (2021).

Reconhece-se, é claro, a limitação do alcance do conceito e as implicações epistêmicas da aplicação de índices heurísticos e explicativos. A busca por metodologias que sejam capazes de revelar evidências qualitativas a partir do nível local e de uma maneira menos "coisificada" pode servir como arcabouço teórico para empreender uma compreensão dos discursos e experiências dos atores que são influenciados e que influenciam a vulnerabilidade. Essas diretivas, entretanto, configuram-se em um grande desafio.

2.2. Personal Construct Theory (PCT)

A Personal Construct Theory (PCT) foi proposta pelo psicólogo norte-americano George Alexander Kelly (1905-1967) em 1955, sendo revisada e atualizada pelo mesmo e por seus adeptos nas décadas seguintes (FRANSELLA; NEIMEYER, 2003). Em termos gerais, a PCT assume que as pessoas usam suas experiências e a observação constante dos outros e do ambiente ao seu redor para construir uma explicação individual sobre como o mundo funciona (JANCOWICZ, 2004).

A PCT é operacionalizada por meio da Repertory Grid Technique (RGT). A RGT é uma técnica qualitativa-quantitativa e que requer a participação ativa do entrevistado. O objetivo é fazer emergir construtos individuais em relação a um determinado tópico. Uma espécie de matriz (grid) é preenchida e analisada como sendo a representação do repertório do indivíduo sobre aquele determinado assunto ou número de eventos (CANTER, 2016; JANCOWICZ, 2004). A descrição da metodologia empregada para aplicação da técnica é apresentada mais detalhadamente no Capítulo 3 deste documento.

O próprio George A. Kelly define o chamado *alternativismo construtivo* como sendo o postulado filosófico da PCT. Tal pressuposto busca contrastar com o *fragmentalismo acumulativo*, onde a busca pela verdade ocorre na junção de peças e fragmentos. O alternativismo construtivo cumpre um papel fundamental na elaboração da PCT e dos preceitos epistemológicos que a baseiam. Kelly argumenta que sim, é possível coletar uma grande quantidade de informações, embora o tamanho dessa coleção não seja a métrica adequada para interpretar a verdade obtida. Nessa direção, os fatos explicados pelo material coletado por um cientista, por exemplo, podem ser reconstruídos por cada sujeito, alterando a forma como esses eventos e resultados são explicados em realidades diferentes. Portanto, de forma provocativa, a PCT assume que todos os fatos estão sujeitos a construções alternativas, pessoais e subjetivas (KELLY, 2003).

A PCT está enraizada no pressuposto de que há incerteza embutida tanto em nossas antecipações de um evento quanto nos resultados observados. Porém, alguns limites são estabelecidos para sua aplicação. Ao definir os contornos teóricos da PCT, Kelly postula, em termos gerais, que todo indivíduo possui sua própria construção sobre um limitado número de eventos. Com base em construtos - que são definidos como os contrastes básicos entre dois grupos -, e sua própria experiência, o indivíduo constrói de forma relacional, e com base na sua própria vivência e valores pessoais, uma explicação para eventos ocorridos ou para a antecipação de outros, que podem convergir com e reverberar na construção feita por outro indivíduo. Dessa forma, parece haver na individualidade a representação de algo que pode encontrar uma consonância coletiva, além da compreensão da realidade como algo

construído a partir de contrastes e não como algo absoluto²⁴. Mais detalhes/informações sobre os postulados filosóficos e teóricos da PCT podem ser encontrados no [Apêndice III](#).

Ao sustentar sua teoria, George Kelly e outros que o seguiram assumem uma clara oposição ao positivismo científico, baseado na verdade única e provável, que se manifesta independentemente das pessoas que produzem a ciência. A postura inquiridora deve assumir uma espécie de pragmatismo. Em um texto que busca fazer uma reinterpretação da PCT por meio de uma perspectiva fenomenológica, Trevor Butt (2009) pontua que Kelly sustentava que uma teoria psicológica deveria ser apresentada em termos quase abstratos. Portanto, ela parece ser uma teoria sem conteúdo, onde não há estágios, estruturas e categorias claramente definidas. Mas como pontua Butt, teorias devem auxiliar na formulação de questões fecundas e não no oferecimento de respostas simples.

Entretanto, há um certo dualismo latente no postulado de Kelly. Ao conceber sua teoria, o psicólogo ilustrou um “Homem-cientista”, capaz de fazer predições e controlar eventos. Nesse sentido, a PCT assume um lado cognitivo positivista. Ao mesmo tempo, reconhece que a forma individual como cada um interpreta o “mundo vivido” está relacionada com o aparato sensorial utilizado por cada indivíduo para acessar a realidade/existência. O que aproxima a PCT de uma abordagem fenomenológica (BUTT, 2009).

Portanto, a PCT assume que a interpretação da realidade passa por uma construção cognitiva, que é subjetiva e recorrentemente reconstruída no tempo. Todavia, a opção por essa teoria e a técnica que a operacionaliza se dá também por conta do seu preceito compreensivo e não meramente explicativo da realidade. Compreensão essa que, apesar de ter seu tópico pré-definido (uso da água para irrigação na produção de uvas de mesa), é explicitada por cada indivíduo que colabora com a pesquisa com base em seus próprios valores, experiências e perspectivas. Desse modo, complementando a abordagem heurística apresentada anteriormente neste capítulo, ao conceituar a vulnerabilidade socioclimática.

²⁴ Devi Jancowicz usa o seguinte exemplo: nós não sabemos o que significa alguém “ser um bom professor” sem conhecer as opções possíveis para essa categoria. Portanto, ao conhecer professores pouco prestativos ou atenciosos e outros mais ou menos diligentes, vamos criando nossa construção própria – ou repertório – sobre o que algo “é”. Nesse caso, ser um bom professor (JANCOWICZ, 2004, p.11).

2.3. A seca

De pronto, afirmemos que a seca é um fenômeno natural causado por desvios climatológicos. O que quer dizer que se constitui por um período variável de tempo em que a precipitação pluviométrica esperada para uma determinada região encontra-se abaixo da média (CUNHA et al., 2019; WILHITE; GLANTZ, 1985). Dentre os eventos de natureza hidrometeorológica, tais como enchentes e inundações, a seca é o único fenômeno caracterizado pela escassez de água e não pelo seu excesso. Curiosamente, o potencial de desastre da seca depende de uma prolongada “não-ocorrência” de outro fenômeno: a chuva. A ponto de os impactos causados levarem meses ou até anos para serem observados. Portanto, há uma intrincada cadeia de causas e efeitos que dificulta seu dimensionamento em um primeiro momento. Provavelmente, um geólogo reconheceria o tipo de movimentação de massa em uma encosta ao se deparar com uma foto do local. Um hidrólogo pode monitorar em tempo real a precipitação e a vazão de um rio, e predizer seu potencial de causar enchentes ou inundações em uma determinada bacia hidrográfica. Porém, em relação à seca, como menciona Tanehill (1947), nós dificilmente reconheceríamos esse fenômeno se apenas tivéssemos em mãos um registro momentâneo de um local.

Para além dos desafios inerentes aos contornos físicos da seca, há aqueles relativos à compreensão do fenômeno. Desse modo, Wilhite e Glantz (1985) sugerem que as definições de seca possam ser categorizadas em dois grupos, as conceituais e as operacionais. As definições conceituais referem-se à seca como um período de tempo seco, sem chuvas e que causa danos às plantações, criações, geração de energia e transporte fluvial. No entanto, esse conceito é muito amplo para ser aplicado em estudos de monitoramento e análises de eventos passados. Para contornar isso, os autores sugerem as definições operacionais da seca, que levam em conta a severidade, a duração, a frequência, o início e o término do fenômeno, e os impactos de curto, médio e longo prazo.

Nem sempre a falta de chuvas constitui-se em um problema. Períodos secos ao longo do ano podem ser o normal e o esperado para uma região. Não obstante, os impactos somente passam a ser observados quando o comportamento anômalo do tempo em relação ao clima usual excede os limiares considerados seguros para a manutenção das funções de

um sistema. E esses sistemas podem estar localizados, como uma fazenda, ou atingir o nível regional, afetando o ciclo hidrológico e o abastecimento hídrico e alimentar de cidades inteiras.

São vários os esforços disciplinares e interdisciplinares investidos na sistematização e operacionalização dessas definições (KALLIS, 2008; VOGT et al, 2018). Do ponto de vista operacional, podemos definir e analisar uma seca a partir de sua tipificação, dinâmica e impactos, vide o Quadro 2.1.

Quadro 2.1. Tipologias da seca

Tipo
- Seca meteorológica Período de meses ou anos em que há déficit de precipitação ou de balanço hídrico (P-ET). Pode considerar outros indicadores, como o aumento da temperatura e condições de umidade do solo. É causada por anomalias duradouras nos padrões de circulação atmosférica. - Seca agrícola (edáfica) Leva em conta valores para umidade do solo abaixo da média, causados por anomalias negativas de precipitação, menor frequência de eventos de chuva e maior evapotranspiração. Em cultivos de sequeiro, o desenvolvimento de plantas de interesse comercial é inviabilizado. - Seca social Decorre da inviabilização da atividade humana para subsistência e produção comercial. Geralmente é um efeito da seca agrícola, mas pode atingir outros tipos de sistemas produtivos, como indústrias que demandam água em seus processos. - Seca hidrológica Quando a vazão dos rios e os níveis de aquíferos e reservatórios encontram-se abaixo do normal por um longo período. Geralmente é mais lenta que os outros tipos de seca pois refere-se a uma alteração no ciclo hidrológico regional.
Dinâmica
Severidade Duração (mega-drought, flash-drought) Frequência Início e término Distribuição espacial
Impactos
Físicos-ambientais Socioeconômicos Sociodemográficos

Potenciais atingidos
Indivíduos
Núcleos familiares
Comunidades
Municípios
Bacias hidrográficas, estados e regiões
Negócios e indústrias
Pequenos e grandes agricultores e pecuaristas

Nota: elaborado com base em Wilhite e Glantz (1985), Campos (1997) e Vogt et al. (2018).

Segundo Vogt et al. (2018), a seca difere-se daquilo que conhecemos pelos termos “escassez hídrica” e “aridez”. O primeiro, está relacionado com a indisponibilidade de água para atender demandas hídricas específicas da sociedade. Já a aridez está relacionada com um padrão climático seco. Em 2008, Giorgio Kallis publicou um artigo de revisão que buscou compilar as métricas utilizadas para identificar, monitorar e prever secas (KALLIS, 2008). São 8 índices de seca que assumem como dados de entrada a precipitação, vazão fluvial, condição da vegetação, demanda por água, temperatura, evapotranspiração, umidade do solo, escoamento e níveis de reservatórios. Em 2016, a World Meteorological Organization (WMO) e a Global Water Partnership (GWP) publicaram o “Handbook of Drought Indicators and Indices” (SVOBODA; FUCHS, 2016). O documento traz 50 indicadores e índices que utilizam dados meteorológicos, hidrológicos e de umidade do solo provenientes de estações instaladas na superfície terrestre e de sensores remotos. Além de índices compostos e outros obtidos por modelagem.

A aplicação de índices e indicadores é útil e necessária para desenvolver o que Wilhite (2016) define como “gestão de seca”. Para ele, são três os pilares de um sistema de gestão de seca em um contexto de mudanças climáticas: (i) o estabelecimento de um sistema integrado de monitoramento e alertas; (ii) realização de análises de risco e vulnerabilidade, identificando populações e áreas mais suscetíveis e suas capacidades de resposta; (iii) e o desenvolvimento de medidas de resposta e mitigação. Corroborando com Wilhite, Vogt et al. (2018) enfatizam a necessidade de uma consciência política voltada para implementação de ações proativas e não somente de medidas reativas, comumente experienciadas em situações de emergência e calamidade.

No Brasil, o primeiro e segundo pilares estão, de certa forma, contemplados por serviços públicos como o fornecido pelo Centro Nacional de Monitoramento e Alerta de Desastres (CEMADEN), que divulga boletins técnicos com informações sobre a observação de secas ocorridas em períodos imediatamente anteriores e seus impactos. O CEMADEN também desenvolveu o RiSAF (Risco de Seca na Agricultura Familiar), boletim informativo que monitora as secas e estima impactos na agricultura familiar, cruzando o cálculo de um índice integrado de seca (IIS) com o calendário agrícola disponibilizado pela Companhia Nacional de Abastecimento (CONAB). Outro serviço é o oferecido pela ANA, em conjunto com o Ministério da Integração Nacional (MI) e o INMET (Instituto Nacional de Meteorologia). O Monitor de Secas foi desenvolvido em 2014 e é mantido até hoje. Essa ferramenta é fruto do trabalho de cooperação entre diversas instituições que se debruçaram sobre a gestão da seca severa que atingia seu auge no semiárido nordestino em 2012. Os links de acesso a essas ferramentas estão no [Anexo IV](#).

Esses serviços, juntamente com o ZARC (Zoneamento Agrícola de Risco Climático), auxiliam, ou ao menos deveriam fazê-lo, na elaboração de políticas de redução de desastres, mitigação e adaptação a condições de seca extrema agravadas pelas mudanças climáticas. A rede bancária brasileira já baseia seus produtos de financiamento agrícola conforme o cálculo do risco de frustração de safra gerado pelo ZARC. Da mesma forma, programas governamentais como o Programa de Garantia da Atividade Agropecuária (Proagro) e o Programa de Subvenção ao Prêmio do Seguro Rural (PSR), são guiados por essas ferramentas de monitoramento e zoneamento de riscos de seca – e outros eventos extremos - e os impactos decorrentes.

Em um artigo que analisa a seca que se estendeu de 2007 a 2009 no estado da Georgia, EUA, Kohl e Knox (2016) argumentam que há uma perspectiva científica e outra política da gestão da seca. O exemplo é a negligência dos governantes diante dos alertas gerados pelos sistemas de monitoramento. Em seu artigo, Kallis (2008) também aborda a construção social da seca utilizando a lente da ecologia política. As seguintes provocações são trazidas para discussão: (i) a depender de como as instituições distribuem custos e benefícios de investimentos em conservação de água (ou a não-conservação), os períodos de seca podem ser lucrativos para alguns agentes; (ii) a construção ou desconstrução de discursos sobre a

seca reforçam ideologias e certas vertentes políticas, principalmente em casos onde medidas urgentes precisam ser tomadas.

Nesse sucessivo caudal de episódios deflagrados pelo déficit de chuva, a sociedade não é mera vulnerável a condições de seca. A correnteza que banha essa tese também reside na assunção de que a agência humana pode cumprir papel relevante na adaptação à e mitigação de períodos de seca. Por vezes esse papel é positivo. Em outras, negativo.

CHAPTER 3 – NO WATER, NO GRAPES - MAPPING WATER MANAGEMENT PERSPECTIVES FOR TABLE GRAPES PRODUCTION UNDER IRRIGATION IN THE SÃO FRANCISCO RIVER VALLEY, BRAZIL²⁵

Abstract

This paper investigates the implications of the long-term drought observed in the Brazilian semi-arid region between 2011 and 2019 in the specific location of Petrolina/Juazeiro, in Northeast Brazil, which is recognized for table grapes growing under irrigation. These recurrent periods of drought may have their frequencies and intensities increased by climate change. This study hypothesizes that the constancy in the water supply of the irrigated areas masks the scenario of water scarcity faced at the regional level, and ends up not reflecting on adaptation strategies to periods of drought. To approach the issue, we propose an analysis of convergent and divergent thoughts of the local actors concerning the use of water for irrigation in the production of table grapes in the Public Irrigation Projects (PIPs) of the Sub-medium of the São Francisco River Valley, a semi-arid region. In this way, the Repertory Grid Technique (RGT) is applied. This study also seeks to capture the interviewee's perception of past extreme weather phenomena and their positive and negative impacts on grape growing and other everyday life aspects. To this end, the Participatory Rural Appraisal (PRA) technique was applied and a set of climatic calendars was drawn. The main results show that grape growers recognize what is an efficient irrigation system, but still preponderate empiric ways to manage it. From the PIPs' perspective, the aim is to ensure water availability for crops, how it is allocated is the responsibility of the farmers. In participants' perceptions, there is no direct relationship between socioeconomic and technical aspects when dealing with the use of water for irrigation. Concerning climate risks, participants recognized the uneven impacts of drought on agriculture inside and outside PIPs. But, when focusing on table grape production, heavy rainy seasons are perceived as more negative than extreme dry seasons.

²⁵ Note: This chapter is written in a scientific article format. A reduced version of this chapter is aimed to be published afterwards.

Keywords: viticulture, irrigation, vulnerability, water governance, Personal Construct Theory, climate change

3.1. Introduction

The Sub-medium of São Francisco River Valley (SFRV) is located in the Northeast of Brazil (NEB) (9°S, 40°W). This region corresponds to one of the four divisions of the São Francisco River Basin (upper, medium, sub-medium and low). This basin runs for about 2800 km and covers approximately 638.466 km² (7.5% of Brazil's territory) (ANA, 2015). Besides this hydrographic division, the SFRV region is also located in the semi-arid region of Brazil, which includes locations where (i) annual average precipitation < 800 mm; (ii) Aridity Index ≤ 0.50; and (iii) the relative frequency of days with water deficit ≥ 60%, considering a whole year (INSA, 2023; Reboita et al., 2016). The average flow of the São Francisco Hydrographic Region is 2,846 m³/s (1.58% of the national flow) and the total demand is 278 m³/s (9.8% of the national demand). Irrigation alone demands 213.7 m³/s (about 77% of water requirement) (ANA, 2015).

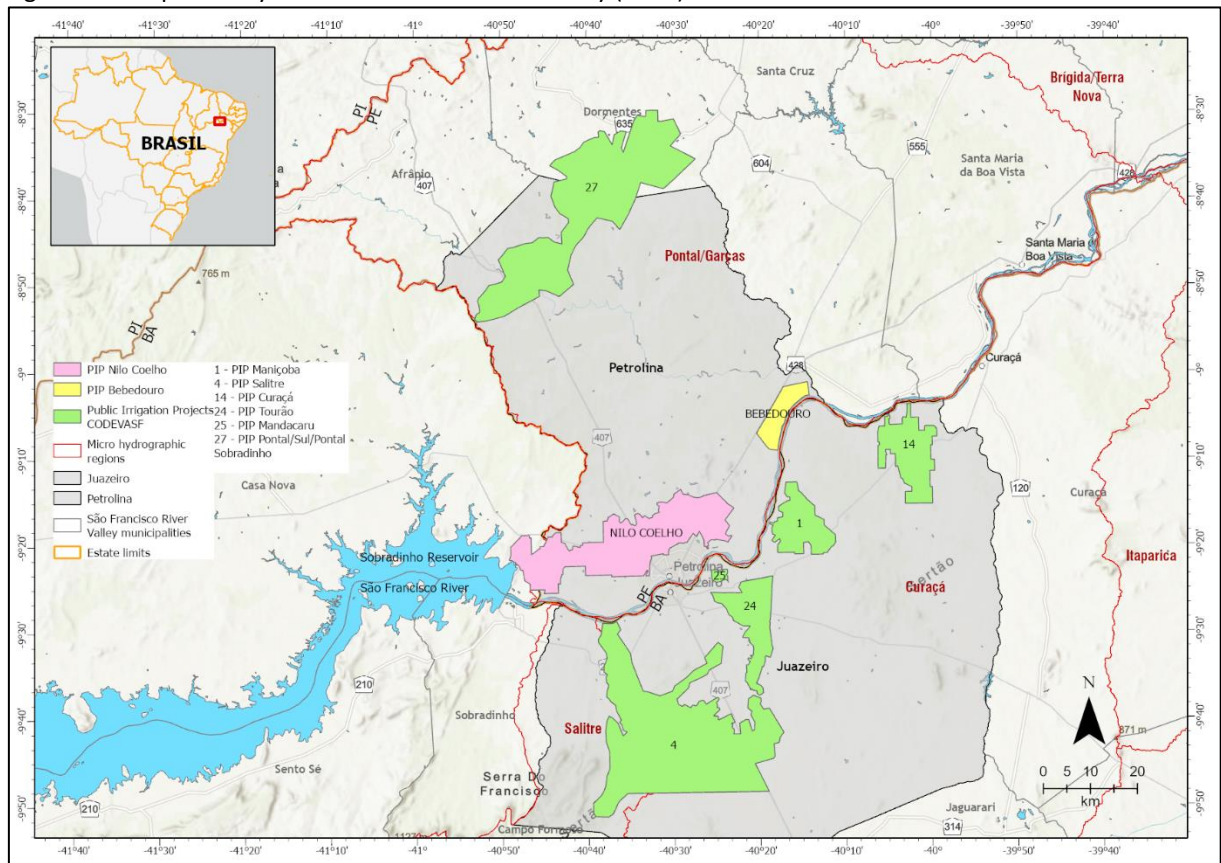
The main cities of the SFRV are Petrolina and Juazeiro, which have viticulture as one of their main economic activities. It has been encouraged since the 1970s by the implementation of large public irrigation projects (PIPs). In 2021, the world table grape production was 30.1 million tons (43.3% of the total) (OIV, 2023). In that same year, Brazil registered a total grape production of 1.7 million tons (2.4% of global production) in 75.7 thousand ha (22nd in the world ranking by area) (IBGE, 2023; OIV, 2023). The Embrapa's Grape Observatory estimates that the area destined for table grapes in Brazil is 29.4 thousand ha, of which 1/3 is located in the SFRV region. In 2021, the SFRV harvested 0.47 million tons of grapes. While the national production average is 27 t/ha, in SFRV the average is 44 t/ha (EMBRAPA, 2022). The SFRV also accounts for 98% of Brazilian table grape exports, and Brazil is the 8th in the table grape production world ranking (COMEXSTAT, 2023; OIV, 2021).

Unlike other traditional producing regions, the average annual temperature in SFRV varies from 24°C to 28°C (De Moura et al., 2019). Therefore, in a tropical condition, where there is no winter cold, the grapevine is subjected to forced dormancy through the

management of water availability to the plant and the application of phytohormones (Carbonneau, 2011; Keller, 2020). This way, instead of one harvest per year, in SFRV it is possible to harvest up to 2.5 harvests per year (Santos, 2006). Thus, the table grape production in SFRV is dependent on irrigation with water from the São Francisco River Basin.

Established in the 1970s as an adaptation strategy to the dry condition of the region, the PIPs are delimited areas destined for agriculture under irrigation, equipped with channels, pumping stations, roads, living facilities, schools and health services. In general, the projects are started by the federal government and, eventually, the management of the PIP is transferred to an association of irrigation users called irrigation district (ID). According to the regional development company (CODEVASF), the Petrolina and Juazeiro region have 8 PIPs (CODEVASF, 2023). In this study, we are interested in two of them: Nilo Coelho and Bebedouro. Opened in 1984, the PIP Nilo Coelho is Brazil's largest irrigation district, with 22.5 thousand ha of occupied area. About 27% of the PIP area is destined for table grape production (DINC, 2021). The PIP Bebedouro is the oldest project in the region, opened in 1968. It presents 1.1 thousand ha of irrigated area, of which 27% is occupied by viticulture (DIB, 2021). In both PIPs, besides table grapes, there are plantations of mango, guava, coconut and other fruits. The areas are mainly irrigated by localized systems like micro sprinklers and surface drip irrigation. The Figure 3.1 shows the map of the study area.

Figure 3.1. Map of study area São Francisco River Valley (SFRV)



Source: Prepared by the authors.

From 2011 through 2019, the NEB region suffered from a long and severe drought that triggered a water crisis, lowering the levels of the reservoirs and compromising agriculture production, energy generation and domestic consumption (Cunha et al., 2019; Marengo et al., 2017). From 2011 to 2016, all states in the NEB were affected by drought and more than 10 million inhabitants experienced some level of water scarcity. It is estimated that the financial cost generated by the phenomenon was around US\$ 2 billion, being: US\$ 0.72 billion in losses in crops, US\$ 0.64 billion in losses in livestock and US\$ 0.64 billion spent on agricultural insurance²⁶ (Brito et al., 2017).

Moreover, climate projections for this century in NEB indicate an increase of 1°C in average temperature (Dantas et al., 2022). The socio-environmental implications of drought events are widely studied in the semi-arid of Brazil and cover aspects of food security, especially in rural areas unassisted by irrigation projects (Mesquita et al., 2016; Vieira et al.,

²⁶ Brazilian currency = real (R\$). US currency = dollar (US\$). Exchange rate in December 2023: US\$ 1.00 = R\$ 5.00.

2020). On the other hand, viticulture challenges facing climate change are studied in regions where grapes are produced conventionally (one harvest per year) and destined mainly for wine production and affected by multiple climatic and non-climatic stressors (Belliveau, Smit, Bradshaw, 2006; Wheeler; Marning, 2019; Van Leeuwen et al., 2019).

Considering this context, we question:

- 1) How do people involved with table grape growing under irrigation in SFRV perceive the degree of response of this production model when facing severe drought?
- 2) And, still, does the constant access to water for irrigation mask at some level the drought impacts within the public irrigation projects?

This study aims to help answer those questions, based on individual perspectives of people from different groups involved with table grapes production under irrigation in the SFRV.

3.2. Theoretical approach

In this study, we seek to map the perspectives of key actors concerning the use of water for irrigation in table grapes production in public irrigation projects in the São Francisco River Valley, Brazil. For this, we based our methodology on theoretical approaches that account for individuals' perceptions of climate-induced dynamics. Those approaches are represented by Personal Construct Theory (PCT) and adaptation to climate change knowledge.

3.2.1. Personal Construct Theory (PCT)

Part of the methodology applied in this study is based on the Personal Construct Theory (PCT), which was proposed by psychologist George Alexander Kelly (1905-1967) in 1955 (Fransella and Neimeyer, 2003). The PCT assumes that people use their experiences and the constant observation of others and the environment around them to build an individual explanation of how the world works (Jankowicz, 2004). Kelly himself defines constructive

alternativism as a philosophical postulate of the PCT. In this sense, the facts experienced by each subject can be reconstructed at any time, changing the way these events, facts and results are explained in different realities. Therefore, the PCT assumes that all facts are subject to alternative, individual and subjective constructions (Kelly, 2003).

The operationalization of PCT through the Repertory Grid Technique (RGT) has helped to understand how people with different backgrounds and values judge, evaluate and relate to the natural and built environment. Whether in the investigation of how cultural aspects can act in valuing green spaces in urban environments (Home et al., 2010); or in understanding a rural community's view of nature throughout the transition of local economic activities from industrial extractivism to ecological tourism (Schweinsberg et al., 2012); as well as, in understanding the different perspectives that act in the expression of a semiarid place in which irrigation projects and artificial lakes seem to confuse the comprehension of what would be a pristine or an anthropized landscape (Waitt et al., 2003).

Thus, when using RGT to approach the use of water for irrigation in the production of table grapes in the São Francisco River Valley (SFRV), we seek to bring out constructs/factors that point out the relevance of adaptation strategies and, possibly, the polarity between them, helping, through a sort of mental map, to improve the comprehension of what key local actors think about possible strategies for adapting table grape production to climate change.

3.2.2. Adaptation of viticulture to climate change

As defined by the IPCC Working Group II in the Sixth Assessment Report, adaptation to climate change is the planning and implementation of strategies by individuals, communities, organizations and governments that play a key role in reducing climate-related risks (Ara Begum et al., 2022).

The use of irrigation is one of the key agriculture practices that reduce crop risks related to water stress and heat (Caretta et al., 2022). It assures food production and enables the cultivation of species that were physiologically limited by climatic factors like low annual rainfall and high average temperatures. In an extensive systematic review of previous studies,

Berrang-Ford et al. (2021) identified adaptation limitations and gaps between the planning and actual implementation of human adaptation strategies to climate change. They found little documented evidence of effective responses in reducing climate risks. As a proposal for long-term adaptation, the authors suggest the consideration and testing of incentive mechanisms for individuals, groups and the private sector, in alternative to institutional discourses. Some studies have investigated the adaptive capacity of formal and informal water governance in irrigation districts (Gilmore et al., 2022); and in another paper, Eriksen et al. (2021) mention the term “safe development paradox”, understood as a moral hazard promoted when the implementation of adaptive strategies continues to encourage high-risk activities. For example: the construction of anti-flood dikes gives a false sense of security, causing people to continue living in areas at risk. In a way, this term may be related to the debate surrounding securitization mechanisms, which do not eliminate risk, but just distribute it (Schwartz, 2019).

When it comes to grape production, Merloni et al. (2018) identified that, in general, grape growers in Emilia-Romagna (Italy), react to changes in temperature and water availability in an immediatist way, independent of their opinion on climate change. Nonetheless, those farmers who were aware of changes in climatic conditions were more prone to implement long-term adaptation strategies, such as switching to new varieties and rootstocks and investing in efficient irrigation systems. In another study, in South Australia, the authors highlight that water scarcity is the main risk perceived by producers of grapes under irrigation, and the adaptation actions differ depending on the production system: conventional, organic or biodynamic (Wheeler; Marning, 2019).

3.3. Method and data

This study uses an exploratory and qualitative-quantitative approach in analyzing the points of view derived from the experiences of those who live with the risk of more frequent and severe periods of drought. This was achieved by applying two different participatory research techniques with key actors related to SFRV public irrigation projects (PIPs) in general and especially to PIPs Nilo Coelho and Bebedouro. We applied both the

Repertory Grid Technique (RGT) and the Participatory Rural Appraisal (PRA) to collect data. The methodology described in this section received ethical approval²⁷. As a stage before the application of interviews in the SRFV, the script for the interviews was tested with professionals of viticulture from another region (São Paulo State in Southwest Brazil). The necessary adjustments were made for properly execution of the methods.

3.3.1. Socio-demographics

The sample of interviewees was based on the assumptions of RGT. Which even with a reduced n, it is possible to gather many relevant constructs to the investigated topic. To define enough interviews, a saturation criterion was used to cease them. Usually, this is achieved when there is redundancy or exhaustion of the repertoire or no more elicitation of new constructs on the part of the interviewee (Jankowicz, 2004). Usually, this is achieved with 15-20 participants. In any case, the interviewees must represent, a priori, different worldviews and positions on the same topic, to reflect on possible conflicts and convergences in the territory. Thus, the selection of interviewees took into account previous exploratory conversations with local actors with different specialties and positions, but who have in common a relationship with the table grapes growing under irrigation in the public irrigation projects in the Petrolina region. During field research, one interviewee could indicate another person who could fit the profile searched for the study, like in a snowball technique. In the end, this study counted 17 respondents for the in-depth interviews (see Table 3.1).

²⁷ Ethical committee certificate n. 68428423.7.0000.8142.

Table 3.1. Profile of participants (n = 17)

Variable	Frequency	Relative frequency	Mean	Standard-deviation
Gender				
Female	3	17.65%		
Male	14	82.35%		
Age (years)			49.71	9.96
Professional area				
Public administration	2	11.76%		
Irrigation district and hydrographic basin committee	2	11.76%		
Research	4	23.53%		
Table grape growing	9	52.94%		
Grape growers' localization*				
PIP Bebedouro	4	44.44%		
PIP Nilo Coelho	3	33.33%		
Both PIP	1	11.11%		
Other PIP	1	11.11%		
Professional experience (years)			21.65	7.83
Years living in the region			30.65	15.64

Note: *One farmer owns table grape areas in both Bebedouro and Nilo Coelho public irrigation projects.

The interviews were held in July-August 2023, in person, in an environment previously agreed between researcher and interviewee, advocating privacy and the absence of sources of disturbance and interruptions. The length of interviews varied from 40 to 80 minutes.

3.3.2. Repertory Grid Technique (RGT)

One of the stages of this study followed the guidelines provided by Jankowicz (2004) for the application of the Repertory Grid Technique (RGT). Generally, this technique is used as a step before defining closed questions for structured interviews or surveys. Due to the exploratory nature of the research, the application of the RGT is adequate.

The RGT has some methodological advantages: (i) it does not require many participants; and (ii) reduces researcher bias. On the other hand, this technique demands a large amount of time with each interviewee (about 60 minutes) and requires extensive work of analysis and interpretation of results, as it can generate up to 8-10 constructs per participant, reaching hundreds of constructs that can be grouped later, at the discretion of the researcher.

The RGT establishes a roadmap for its application, which includes the definition of a topic, such as: “use of water for irrigation in the production of table grapes in the public irrigation projects of Sub-medium of São Francisco River Valley”; the provision of elements: they are the examples provided to respondents on the topic (see Table 3.2); the elicitation of constructs, which are the base for the rating of elements; and posterior analysis of results (Home et al., 2010; Schweinsberg et al., 2012). The complete step-by-step is available in [Apêndice IV](#).

For this study, the interview script provided nine elements that represent the different aspects of irrigated viticulture in the PIPs of the Sub-medium of São Francisco River Valley (see Table 3.2).

Table 3.2. Elements applied to Repertory Grid Technique (RGT)

#	Element	Aspect	Reference
1	Surface drip irrigation	Irrigation technologies	Davide et al. (2023)
2	Micro sprinkler	Irrigation technologies	Teixeira et al. (2007)
3	Grape cultivars and rootstocks	Agronomic	Costa et al. (2016)
4	Water storage and reuse	Irrigation management	Costa et al., (2016)
5	Meteorological station and tensiometer	Irrigation management	Mirás-Avalos and Araujo (2021)
6	Fixed irrigation schedule	Irrigation management	Stevens (2006)
7	Access to credit and crop insurance	Socioeconomic	Belliveau et al. (2006)
8	Producers' associations and cooperativism	Socioeconomic	Costa et al. (2016)
9	Certifications and buyers' requirements	Institutional	Belliveau et al. (2006)

Note: the criteria used in the element's choice and the form of the cards used in the interviews are presented in [Apêndice IV](#).

Each element was described on a card. The cards were presented to the interviewee in triads previously generated, in a random mode. The same sequence of triads was provided to all participants, according to Schweinsberg et al. (2012). With the three cards laid out in front of him/her, the interviewee must answer the following questions: *Can you identify in which way two of these cards are similar to each other and different from the third? What do these two cards have in common, and how do they stack up against the third?*

In a grid (see [Apêndice IV](#)), the identification by similarity is written in the left column, establishing an emerging construct, and its contrast in the right column – the implicit construct. The revealed construct is discussed with the interviewee. After confirming the construct, the three cards (elements) are classified on a scale of 1 to 5 (where 1 = extreme pole of the emerging construct, 3 = neutral and 5 = extreme pole of the implicit construct).

Afterward, the remaining elements are also asked to be classified for that construct. A new triad is presented and the steps described above are repeated until the point at which the interviewee's repertoire results in redundant constructs, little or nothing related to the topic, and even when it is exhausted.

Even though the analysis of a single grid can provide important insights about how one person constructs his/her explanation of the topic, concerning the analysis of data, the main interest of the study is to find any convergence or divergence among groups. Therefore, the grids generated were analyzed as a set. The constructs were coded, listed and content analyzed by applying the Bootstrapping Technique mentioned in Jancowicz (2004). The reliability of the categorization procedure was tested and replicated independently by two researchers. After an exhaustive discussion and adjustments, it was achieved an agreement index = 98.9%, and the Perrault-Leigh Index = 0.993 in a 99.1% confidence interval (see the complete procedure of content analysis in [Apêndice V](#)).

In section 4 we present a summary table (see Table 3.3) with absolute and relative frequencies of constructs for each category identified in the content analysis. Based on the frequencies it was possible to proceed with the differential analysis among groups. The grids elicited were also analyzed as a set. Cluster and Principal Component Analysis (PCA) were applied to find commonalities and shared dimensions among groups. Results are shown in section 4.

3.3.2. Participatory Rural Appraisal (PRA) – climatic calendar

The PRA is a systematic and semi-structured technique designed to obtain data from local actors about rural experiences. It refers to a range of investigation procedures that take a short time to complete in a participatory and bottom-up approach, where the participant's perspective about reality generates the data (Chambers, 1994; Crawford, 1997).

By applying PRA we seek to capture the interviewee's perception of past extreme weather phenomena and their impacts. Based on the study of Mwongera et al. (2017), a climatic calendar was elaborated with each respondent. In that study, the researchers used

the climatic calendar to identify dry and wet seasons and their impacts on rural communities in Tanzania and Uganda. Thus, three bars represent, respectively, the rainiest year, the driest year and a year considered normal, according to the interviewee's memory. Each bar was divided into 12 intervals representing the months of the year. The driest months were filled with orange color and the rainiest months with blue color. For the period of extreme drought and extreme precipitation, the interviewee indicated which were the main impacts, either positive or negative (see [Apêndice IV](#)).

Despite acknowledging that the long-term drought of 2011-2019 would be probably more mentioned by participants, no specific timeline was defined. Thus, participants could mention and comment freely about just one year, or a set of years, and so on. The participants were stimulated to reflect on impacts that do not concern only the table grapes growing, but also their routines during the periods mentioned, including impacts on roads and buildings, for example.

3.4. Results

In this section, we present both the results and discussion for RGT (sections 4.1 and 4.2) and PRA (section 4.3), in this order.

3.4.1. Same topic, different perspectives

When applying RGT the amount of 87 constructs was obtained with the interviews with an average number of 5.12 constructs per person ($n = 17$). The number of constructs elicited varied from 3 to 8 constructs per person.

Table 3.3 and Figure 3.2 bring the distribution of constructs over the categories derived from the Bootstrapping Technique. Besides the global allocation, a differential analysis was done, to visualize any difference among groups. A Fisher's Exact Test was

performed to determine whether the proportion of categorized constructs was equal between groups. The proportions did not differ statically by categories (p-value 0.995).

Nevertheless, it is possible to describe that, for the groups put together, most of the constructs are related to “water and irrigation management (WIM)” (29.9%), except for the public administration group, where this category was equivalent to PA and “technical-economic context (TEC)” (25% for each of those three categories). By the way, Figure 3.2 allows us to see a prominent difference in constructs elicited and allocated in the PA category. Overall, only 10.3% of constructs were related to collective actions and/or individual initiatives to participate in decisions that involve common interests in table grapes growing under irrigation. But for public administration 25% of constructs are related to this category.

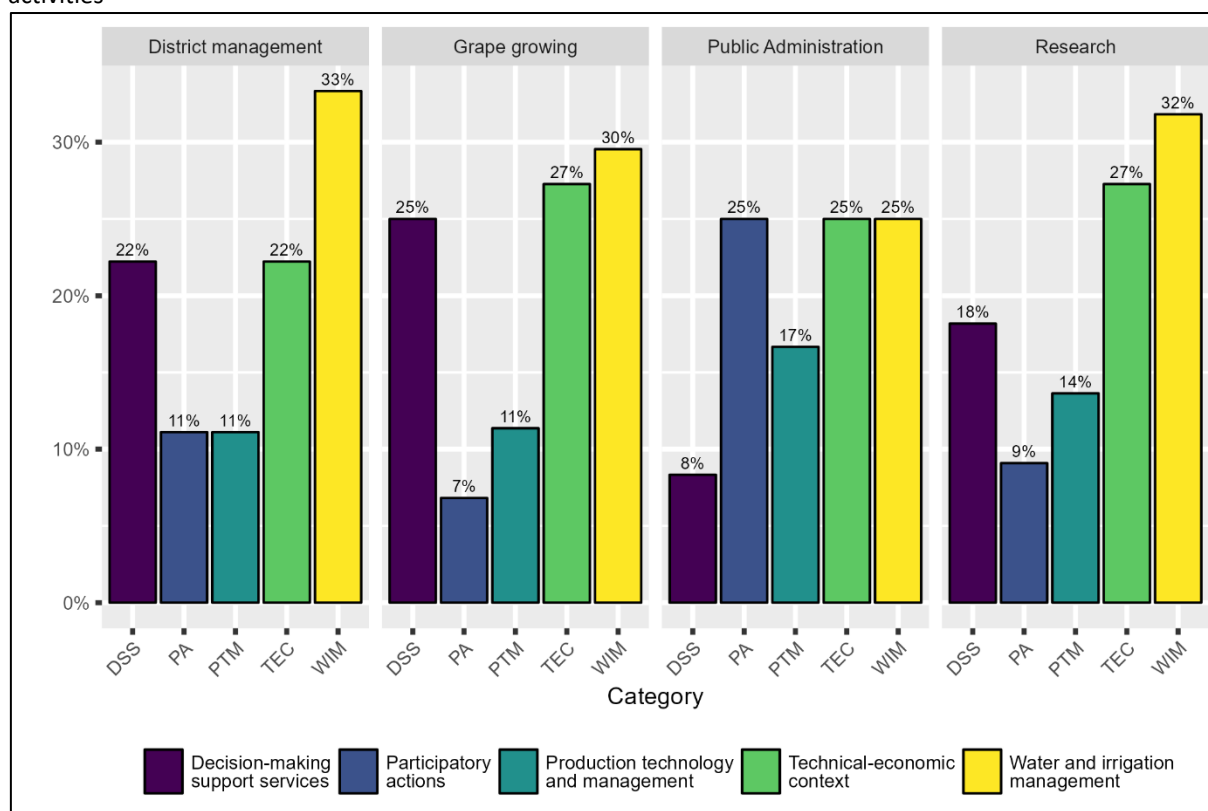
Table 3.3. Constructs categorization and differential analysis

Category	Definition	Construct (code)	Total count	Grape growing (n=9)	Research (n=4)	District Management (n=2)	Public administration (n=2)
			Total %				
Water and irrigation management	Constructs related to the use of water for irrigation, factors affecting the management of water resources and the availability of water for table grapes production	1.3	26	13	7	3	3
		1.6	29.9%	29.5%	31.8%	33.3%	25.0%
		2.1					
		2.3					
		2.6					
		...					
Technical-economic context	Constructs related to the financial feasibility of the production system and production costs, commercialization of table grapes and factors that affect the price and competitiveness of the business	1.4	23	12	6	2	3
		2.2	26.4%	27.3%	27.3%	22.2%	25.0%
		2.5					
		2.7					
		3.4					
		...					
Decision-making support services	Constructs related to agrometeorological data, tools and services that support decision-making in production management as a whole (fieldwork, irrigation, planning)	1.1	18	11	4	2	1
		1.7	20.7%	25%	18.2%	22.2%	8.3%
		3.3					
		4.2					
		5.1					
		...					
Production technology and management	Constructs related to the technical aspects of table grape cultivation, quality, productivity, agricultural practices, use of technologies and expert support	1.5	11	5	3	1	2
		2.4	12.6%	11.4%	13.6%	11.1%	16.7%
		3.6					
		6.4					
		...					
Participatory actions	Constructs related to collective actions and/or individual initiatives to participate in decisions that	1.2	9	3	2	1	3
		1.8	10.3%	6.8%	9.1%	11.1%	25.0%
		3.2					

involve common interests in table grapes growing under irrigation	8.2 ...					
Count		87	44	22	9	12
%		99.9	100.0	100.0	99.9	100.0

Note: Fisher's Exact Test (p-value 0.995). To see the complete list of constructs check "Table VI-1. List of constructs" in [Apêndice V](#).

Figure 3.2. Relative frequency for constructs allocation into categories, grouped by interviewees' professional activities



Note: Total of 87 constructs elicited by 17 interviewees (district management = 2, grape growing = 9, public administration = 2, research = 4). Overall relative frequency = DSS (20.7%), PA (10.3%), PTM (12.6%), TEC (26.4%), WIM (29.9%). Fisher's Exact Test p-value 0.995.

For those interviewees who mentioned PA constructs, “organization of producers” (C 1.2), “collective actions” (C 12.2), and “union” (C 9.2) are viewed in opposition to “individualism”. Meanwhile, the same triad of elements (E 4, 7 and 6) also revealed divergent perspectives for PA constructs, naming those as “dependent of third parties” in opposition to “autonomy” (C 3.2) or putting “competitiveness” as the contrast for “disorganization” (C 8.2). The following statement by a public administration interviewee corroborates it:

“Here in the region, this is very fragile [element n. 8], you have few cooperatives and if you analyze the size of the area that you have irrigable with, and the size of the area that you have of associated people, it would be a very small area, so I would also put it there with something more independent, it would be important, but here in the region you don't have that work.” (#10_PA)

On the other hand, a grape grower states the importance of producers' association to access the market:

"I have 60 ha here, but my cooperative today already represents 150 ha, with a production of quality, so it makes me competitive in the market because of this volume. So, both to sell and to buy, it is much more interesting for me in the form of a cooperative." (#8_GG)

Another interesting aspect to note is the low frequency of constructs related to "decision-making support services (DSS)" elicited by public administration, compared with other groups. In contrast, the group that related the most to DSS was the grape growing. This can be explained by the familiarity that grape growers have with the triad of elements (E 1, 5 and 3) that raised most of the constructs in this category. The constructs elicited were related to irrigation with "information" (C 13.1), "data" (C 8.1), "support tool" (C 16.1) and "essential" (C 9.1) to "define water volume" (C 14.1).

In general, farmers recognize the importance of support tools like tensiometers and weather stations allied to efficient irrigation systems like surface drip.

"I think misinformation is the worst. Because you see, sometimes people think that irrigating means flooding the soil. [...] Without realizing that there is a determining factor: irrigation. I believe that 40% of success is directly linked to irrigation." (#13_GG)

Despite the interviewees' recognition of information and technology to successfully produce table grapes under irrigation, still, emerge intuitive ways to make decisions on water management.

"In my opinion, a weather station, you would predict the weather, some rain, something, right? The water could be increased or decreased. Although ours is all about keeping an eye on it, even in the field, to be able to see if it needs it or not, so the rootstock, the cultivars, every variety, always has one that needs more water, another that needs less, one phase more, one phase less." (#16_GG)

Still describing Table 3.3 and Figure 3.2, for people working with irrigation district management and research, most of the constructs are related to "water and irrigation

management (WIM)". Researchers pointed out "water availability/water insecurity" (C 1.3) and "related to water consumption" (C 2.3, C 4.3) when thinking about elements 4 and 6.

"Here you can't produce grapes without irrigation. You need the water." (#1_R)

"If you store water, you have greater water security, right? All of it. So, in fact, your water management, which is a technical aspect, so to speak, can be favored by having water storage on the property." (#2_R)

"There are several properties that try to have their water reservoirs. And this increased a lot when we had a drought in the Northeast from more or less 2013 to 2018, when the level of the Sobradinho Dam dropped too much." (#17_R)

The people working with the management of public irrigation projects, on the other hand, elicited constructs within the WIM category, but note that some aspects like weather stations are intrinsic to the district, and others extrapolate it, like the choice of the irrigation system (C 3.5). The same with water storage and its availability for irrigation.

"So, I can't say, look, more or less I irrigate in the morning, or I irrigate in the afternoon. Then, what did this end up producing? Free demand system. So how do we do it? In the morning we turn on the station and at 5 p.m. it closes. [...] So, I understand it this way, [...] the producer, in this condition, is the one who will create his schedule." (#3_IDM)

Complementing the point of view of district management, a grape grower states:

"No, I irrigate every day, but there are some phases that you will give more water, right? And it's usually 2 hours a day, 1 hour a day. In this case, there is a level that you will have to put in 3 hours. It will also depend on the weather. It's hot, very hot. And how it was, if it got too hot, you'll have to irrigate more, right?" (#5_GG)

When focusing on constructs related to PTM, all the groups were similar concerning the relative frequency of construct distribution. In the research group, when faced with elements related to the type of irrigation system, genetic material and water storage, participants pointed out those as technical aspects, which assure grape production (C 1.5, 2.4, 17.3). In some way, as the grape growing without irrigation is not optional, water, and

consequently an irrigation system are seen as necessary inputs (C 6.4). As a grape grower states:

"I consider that micro sprinkler gives you access to technology because, with the localized system, you have access to fertirrigation, more efficient fertilizers, weed control, a lot of things, so it's not like credit, cooperative, but it is." (#6_GG)

To enclose this description of the differential analysis among groups, the TEC category gathered constructs related to business finances and grape commercialization. Those were elicited equally for research and grape growing groups (27% for both groups), and slightly less for public administration and district management (25% and 22%, respectively). Most of the constructs in this category were elicited when interviewees confronted elements 3 and 9: "meets demand/does not meet demand" (C 1.4), "serves the market or consumer/focused on production" (C 4.4) and "price stability in sales/uncertainty in sales" (C 8.4). Or when finding similarities between socioeconomic aspects represented by elements 7 and 8, and their relationship with the "use of water for irrigation in the production of table grapes in the public irrigation projects of Sub-medium of São Francisco River Valley", the topic of RGT, that was reminded by the interviewer before each construct elicitation. So, constructs such as "facilitates access to costing of production and investment" (C 10.2) and "increases competitiveness" (C 17.2) were elicited when the person analyzed elements like cooperation and association among producers and access to credit and crop insurance. The transcriptions of the following statements help to exemplify those different notions.

"You with the cooperative, you have easier access to credit and with credit you install the system." (#05_GG)

"Certification and buyers' requirements, this in access to credit, it helps a lot, it gives a good one. How do you say it? A good one. It raises your score in front of the people who generate credit, right?" (#14_GG)

"When the guy goes to get credit from the bank, he doesn't think about the weather data. That's one thing that he, and I think, nor the bank [...]. Are you going to produce in the first semester or are you going to produce in the second semester? In the first half of the

year, it rains more. Or the second... To my knowledge, the bank doesn't even ask that kind of thing.” (#17_R)

3.4.2. The main dimensions of irrigation management in table grapes production

In this section, we present the results of Cluster Analysis and Principal Components Analysis (PCA) for the mode grid. The mode grid is a composite of all the 17 grids elicited from the group of people interviewed, who share the same elements. The score used to select items is the mean across grids of the highest match of one construct in relation to all constructs in every grid. Thus, the most common constructs are presented depending on the cut-off (30 constructs at 78.00) (Gaines and Shaw, 2021). So, the initial 87 constructs were reduced to a grid with 30 constructs.

Figure 3.3 shows the cluster analysis. Shaded values indicate neutral and high rates. Both constructs and elements were reordered and classified according to their similarity scores, presented in the dendrograms. The color-shaded areas indicate the two main branches identified, and they derive from interpretation.

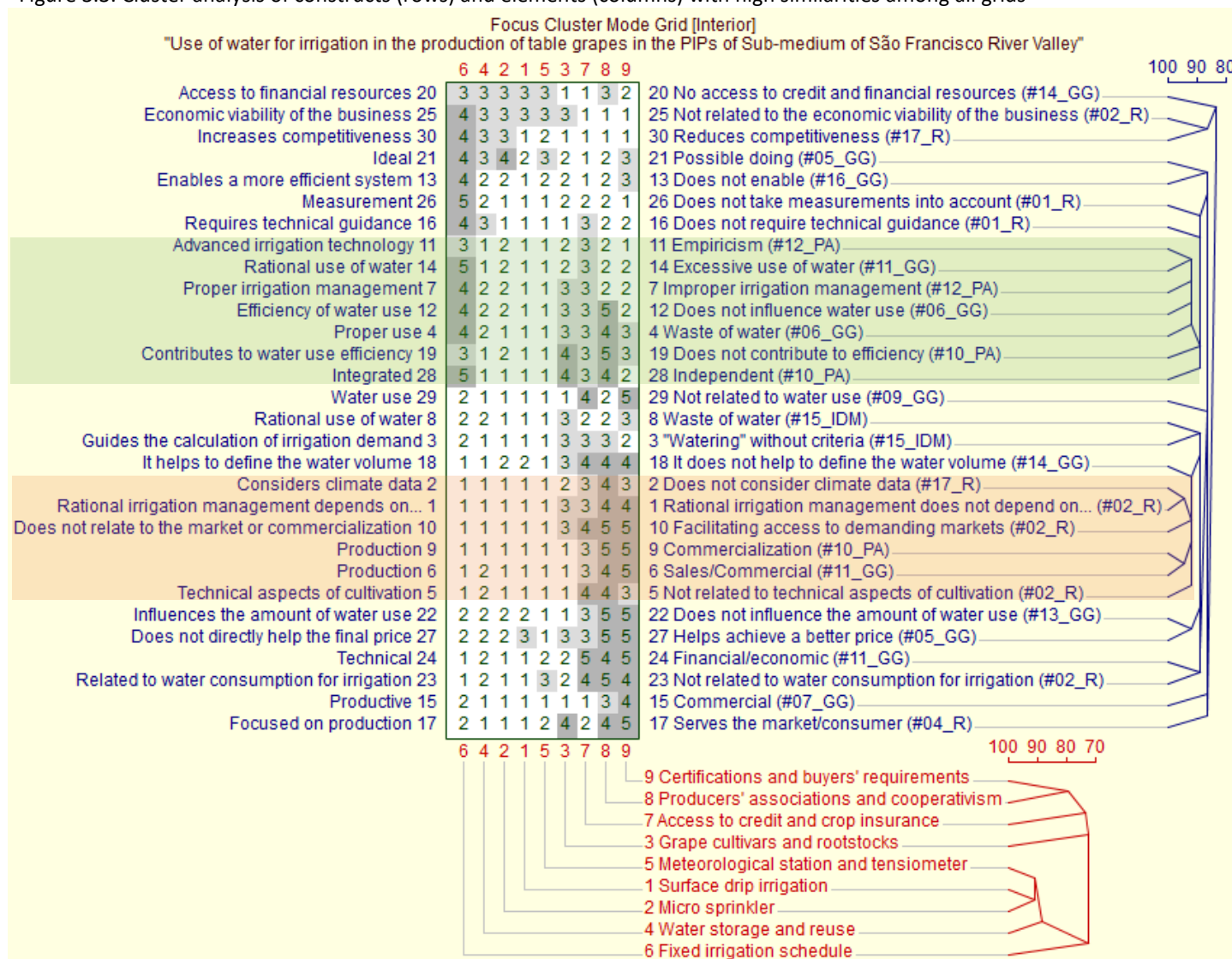
Analyzing the clusters formed among elements, E6 (fixed irrigation schedule) stays in an isolated branch. Two main branches are formed. In one cluster, E3 (grape cultivars and rootstocks) is closer to institutional and socio-economic aspects (E7, E8, E9) than to irrigation systems (E1 and E2) and support tools (E4 and E5), which compose another group.

Among the 30 constructs of the mode grid, the dendrogram shows many branches. However, two clusters seem to show higher similarity. The green-shaded constructs could represent a perspective construed upon the contrast between the rational use of water and the waste of water. E6 is rated as inefficient in the use of water. On the other hand, elements related to irrigation systems (E1, E2) and support tools (E4, E5) were rated as more rational in water use. We highlight E1 and E5 which were rated as the most efficient. Regarding E3, it seems to have divergent views about its relation to the use of water for irrigation, some interviewees rated it as more efficient, others as neutral, and other constructs pointed it as

inefficient. E7 does not relate to how grape growers irrigate. And if producers being in association (E8) is a good strategy, it seems a controversial factor. At last, E9 seems to lead producers to a rational use of water.

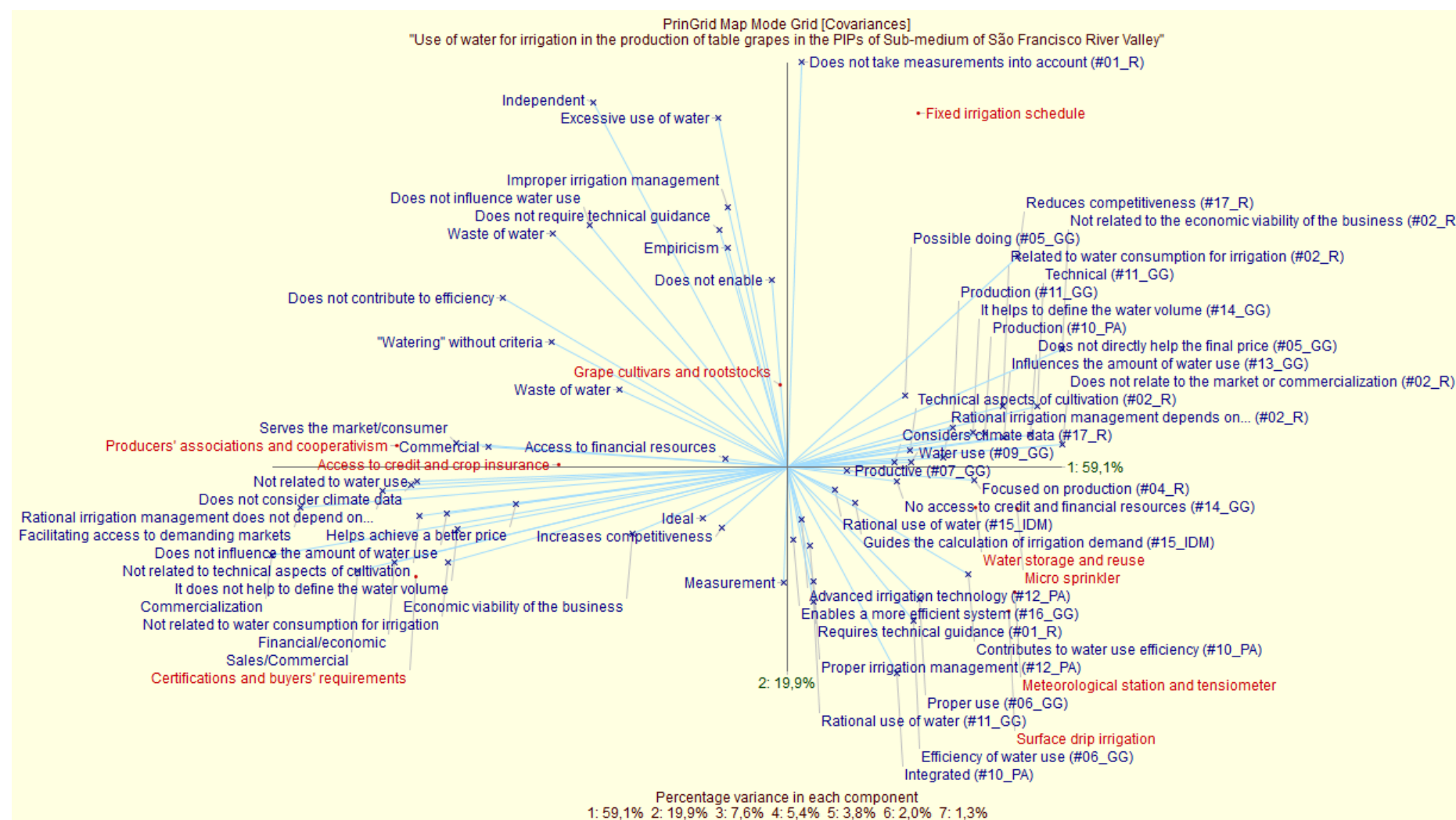
Figure 3.4 shows the PCA plot. The first 3 components respond for 86.6% of the total variance. Only the plot for components 1 and 2 is presented.

Figure 3.3. Cluster analysis of constructs (rows) and elements (columns) with high similarities among all grids



Note: The 30 constructs were extracted from 17 grids that elicited 87 constructs in total. Cut-off score 78.00. Constructs similarity score > 80%.

Figure 3.4. Principal Components Analysis (PCA) for the mode grid



Note: Full data of PCA, including loadings and percentage of variance, is in [Apêndice VI](#).

Still analyzing Figure 3.3, the orange-shaded constructs of cluster analysis, points out the relevance of information and support technologies for irrigation (C1 and C2, match of 94.4%), and also comprise constructs that contrast technical aspects of production against commercial/market aspects (C9 and C6, match of 94.4%). All the elements related to production and irrigation systems, including E6, were rated as “it helps to define the volume of water” or “considers climate data”. While elements 7, 8 and 9 were rated as neutral or not directly related to irrigation management. In general, E3 is not considered a central element for irrigation decisions, but it is considered on the side of production, despite its commercial importance.

“So yes, you will produce the variety with the characteristics that the market you are going to sell is asking for.” (#02_R)

In Figure 3.4, for component 1 (59.1% of variance), the constructs that influence the most its variance are related to market issues and the opposition between what is considered of production concern and financial concern: “Facilitating access to demanding markets—Does not relate to the market or commercialization (#02_R)” and “Technical—Financial/economic (#11_GG)”, for example. Somehow, for some interviewees, when thinking about the use of water for irrigation in table grape production, there is no obvious interconnection between production factors and economic factors. Summarizing this dimension, we can say that some aspects that depend on third parties (certifications, credit, crop insurance, associations) are not considered directly related to water use. Meanwhile, aspects that deal “physically” with the plant development (irrigation system, weather and soil data, water storage), which depend on water use, are construed as opposition to socioeconomic and institutional aspects.

“Yes, efficiently, if you look at the short term, managing irrigation properly will sometimes cost more. So you have to think about this in the long term.” (#04_R)

In component 2 (19.9% of variance), the constructs that represented it the most are related to technology, data-driven management and technical expertise that would lead to efficient irrigation and use of water. Constructs like “Measurement—Does not take measurements into account (#01_R)” and “Rational use of water—Excessive use of water (#11_GG)”, exemplify this component. It helps to explain the isolation of the element “fixed

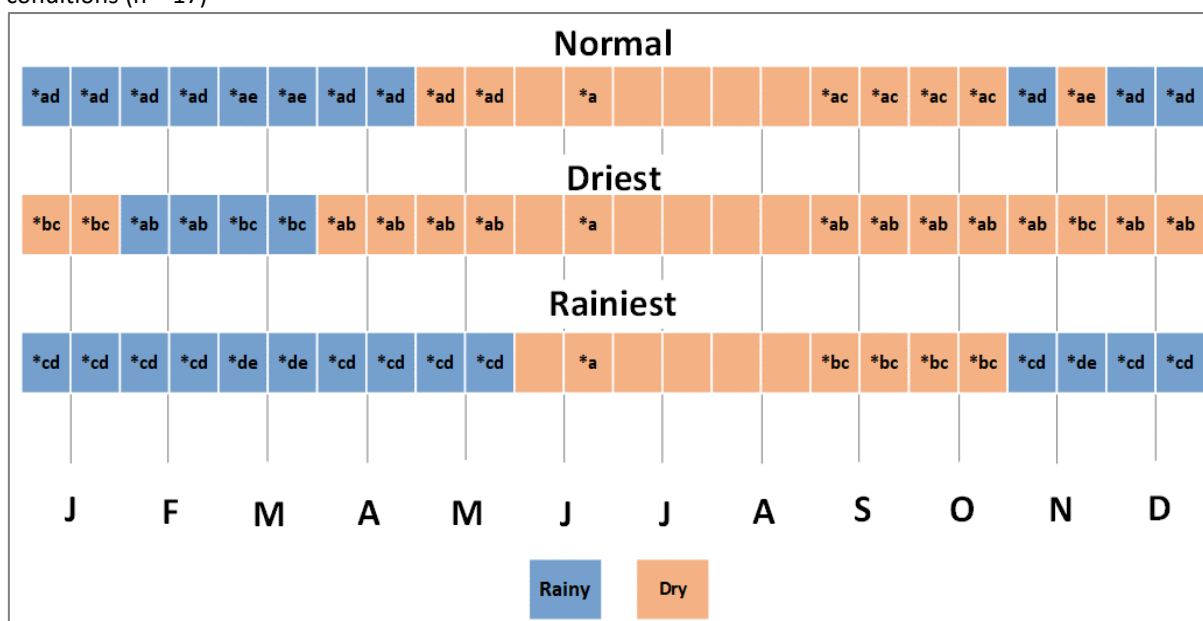
irrigation schedule” in the component 2 axis, as it was rated as inefficient by the majority of interviewees.

At last, the component 3 (7.6% of variance). The constructs “Ideal—Possible doing (#05_GG)” and “Access to financial resources—No access to credit and financial resources (#14_GG)” represent this component. Those constructs are related, mainly, to economic conditions that enable the implementation of an irrigation system and support tools, like tensiometer and weather station.

3.4.3. *Climate risk perception*

This section presents the results of the Participatory Rural Appraisal (PRA) where a set of climatic calendars were drawn from each interviewee. Initially, the three bars that represent the normal, the driest and the rainiest year were divided into 12 months. However, 6 out of 17 interviewees (35.3%) chose to fill in the bars dividing them as if they represented half months, indicating that the rainy and dry seasons, for some of them, may present a week-by-week pattern. Curiously, 5 of those interviewees are grape growers. Then, aiming to preserve those perceptions, the whole set of calendars was analyzed dividing months by half. Figure 3.5 presents the results of the analysis of the composite of climatic calendars.

Figure 3.5. Composite of the climatic calendars indicating rainy and dry seasons for normal and extreme weather conditions (n = 17)



Note: Differences of proportions for dry or rainy periods, considering half months, were tested using Q-Cochran's Test ($p\text{-adjust} < 0.05$) and are represented by the * symbol. Anytime the null hypothesis of Q-Cochran's was rejected, a Pairwise McNemar's Exact Test was used to compare significant differences between pairs. The compared blocks were organized vertically, those followed by a common letter are not significantly different by McNemar's Exact Test ($p\text{-adjust} < 0.05$). The full data, imputations, tests and ranking can be found in [Apêndice VII](#).

Reading Figure 3.5 horizontally, it is possible to mark the start and the end of the dry (orange) and rainy (blue) seasons. A simple frequency count was used to define if a block (half a month) was dry or rainy. According to interviewees' perceptions, in normal conditions, the rainy season starts in early November and goes until May. This season is known as "winter" in SFRV. Although low temperatures are not observed, the constant frequency of days with precipitation seems to characterize that season. In normal years, the dry season starts in May and ends in late October. On interviewees' memories of the rainiest year, the rainy and dry seasons are distributed similarly to a normal year. But it seems to extend until June and, as they recall, the rains are more intense. In the rainiest years, the problem is not when, but how much it rains. The positive and negative impacts are explored later on, in Table 3.5.

On the other hand, according to Figure 3.5, for the majority of interviewees, in the driest year only rains in February and March. While the drought extends throughout the rest of the year. As well as for the rainy season, the positive and negative impacts are explored in Table 3.5.

As the choice for dry and rainy periods was binary, we wonder if there was any difference of proportions among a normal, the driest and the rainiest year in the interviewees' memories. So, we tested this difference using Q-Cochran's Test. Values for the adjusted p-value < 0.05 are represented by the symbol *. If the difference was significant a Pairwise McNemar's Exact Test was used to compare significant differences between years (analyzed as pairs). The blocks were compared and organized vertically (first half of January of a normal year, against the first half of January of the driest and against the first half of January of the rainiest, and so on), those followed by a common letter are not significantly different by McNemar's Exact Test (p-value adjusted < 0.05).

As we read Figure 3.5 vertically, the results show that the months of June, July and August are perceived as dry season, independent of the climatic conditions. Nonetheless, significant differences were expected to appear, mainly because of the extreme conditions of drought and rain above the normal experienced by the interviewees. Thus, the difference of choice proportions was significantly different between the driest and rainiest years in the months of January, February, April, May, November and December. In September and October, the normal year differs significantly from the driest year. And in March, the driest year differs from the others.

Besides appointing the rainy and dry seasons, interviewees were asked to mention which were the rainiest and driest years in their memories. They could have mentioned a whole period if they will. But, for analysis purpose, the count for a single year was considered. Results are in Table 3.4.

Table 3.4. Top-3 dry and rainy years mentioned by interviewees (n = 17)

Top-3 years mentioned			
Year		Mentions (counts)	Mentions (%)
Driest	2016	8	17,8
	2012	7	15,6
	2017	6	13,3
Rainiest	2022	10	35,7
	2021	4	14,3
	2004/2023	3	10,7

The top-3 driest years remembered (2016, 2012 and 2017) compose the period of the last long drought observed in the Northeast region of Brazil, from 2011 to 2019. Thus, people who work and live in SFRV confirm that the years comprising 2011-2019 were drier than normal. On the other hand, regarding the rainiest year, as expected, the recent memories of the late 2022 heavy rains appeared (Globo Rural, 2022), followed by the years 2021 and 2004/2023 – equally mentioned.

While thinking about those extreme events, participants were asked to list the impacts, either positive or negative, of the driest and the rainiest seasons. Further the grape growing issues, participants were stimulated to recall impacts on everyday life aspects, like urban and rural infrastructure, and socioeconomics issues derived from extreme climatic events in the SFRV region. Results are presented in Table 3.5.

For the driest years, the negative impacts are divided into those related to table grape production and others related to the community. Some participants mentioned the negative impacts of droughts on rainfed crops. Moreover, those periods cause a decrease in native biomass (Caatinga) production, which impacts the feeding of animals. These events decapitalize smallholder farmers, who depend more on government transfers.

Table 3.5. Main impacts (positive and negative) perceived by interviewees in the driest years on general (yellow) and grape growing aspects (purple) (n = 17)

Impacts of driest year	
Negative	Positive
Heat ●	Less damage to roads and drains of irrigation projects ●
Reduction of water volume in the Sobradinho Dam ●	Greater grape productivity ●
Suspension of irrigation for one day a week ("River's Wednesday") ●	Lower incidence of pests and diseases in grapes ●
Increased risk of interruption of water supply ●	Less use of agrochemicals ●
Increased energy expenses for water pumping ●	Higher fruit quality ●
Increased evapotranspiration ●	More export ●
Decrease in native biomass (Caatinga) ●	Higher income ●
Decreased availability of animal feed ●	Lower production loss in both harvests (March-May, September-November) ●
Increased risk for rainfed agriculture ●	Lower investment in plastic covering ●
Increased need of water for irrigation ●	In the driest year, the Sobradinho Dam guaranteed water supply ●
Very dry years (low humidity) cause stress to plants ●	
Plant death due to high temperatures ●	
April and May drier than normal ●	
Concern about fulfilling contracts ●	
Uncertainty ●	
It rains less in the rainy months ●	
Population migration to other regions ●	
Petrolina receives many people ●	
Loses fertility and quality (berry "burns") ●	
Changes in plant physiology ●	
Lack of water for irrigation projects ●	
For mango and passion fruit it is not good ●	
Better to lose due to rain than due to drought ●	
The problem are the dry periods in Minas Gerais ●	
Decapitalizes the rainfed agriculture producer ●	
People depend more on government transfers ●	

General	●
Grape growing	●

Table 3.6. Main impacts (positive and negative) perceived by interviewees in the rainiest years on general (yellow) and grape growing aspects (purple) (n = 17)

Impacts of rainiest year	
Negative	Positive
Rural and urban infrastructure (streets, floods, roads and drains) ●	Water security for rainfed agriculture ●
Fall of the vineyard structure ●	Reduced energy costs for water pumping ●
Phytosanitary problems (pests and diseases) ●	Lower risk of irrigation stoppage ●
Low fruit quality ●	Increase in native biomass (Caatinga) ●
Flower abortion ●	Increased availability of food for animals ●
Loss of bud fertility ●	Reduced risk for rainfed agriculture ●
Increase in production costs ●	Reduced need for water for irrigation ●
Difficulty in transporting the harvest ●	Good for the Northeast region of Brazil ●
Lower productivity ●	
Increased use of agrochemicals ●	
Lower agricultural income (basis of the region's economy) ●	
Labor (rainy days accumulate work) ●	
Increased leaching ●	
Greater investment in plastic covering ●	
Greater investment in drainage in PIPs ●	
The grape reaches lower prices ●	

General	●
Grape growing	●

However, during droughts, the farmers within public irrigation projects are more concerned about negative impacts on table grape production. In this field, the responses seem to lead to a negative ripple effect. The high temperatures increase plant evapotranspiration, which increases the need for irrigation. In the dry periods, the water reservoirs may have low levels, and then the energy cost for pumping water from the São Francisco River to vineyards increases. The grapevine, in turn, is more vulnerable to water deficit stresses that could lead it to death, which raises growers' concerns about fulfilling contracts.

"The [water] consumption of everything here, from the Sobradinho Dam to the river downstream - which includes the Nilo Coelho district, all these cities, all the [inaudible] and the 2 transpositions was 140 m³/second. It's an astronomical volume! In the worst drought of all time, do you know how much arrived here in Sobradinho? Not the flow, because it is regulated. But how much it reaches the dam is what matters. This is what comes from rain: 250 m³/second, in the worst drought ever recorded in 50 years of data. [...] So, coming back here to water security, that's why I think it's complicated, because we don't have water insecurity." (#06_GG)

Another grape grower weights the role of the dam as a water reservoir and energy source:

"Today, with so much solar system and wind, right? With power manufacturing business. Here we are still using water from the dam for energy, which could only be used for agriculture." (#16_GG)

For the same driest year, participants also mentioned positive impacts, most of them related to grape growing. Unlike the rainiest year, in general, participants cite that in very dry seasons there is less damage to roads and drains. The Sobradinho Dam (one of the largest man-made lakes in the world) was appointed positively, because it guaranteed water supply, despite the precipitation deficit. Regarding grape growing, participants mention that during the driest year, the low humidity led to high fruit quality, demanding less agrochemicals to control pests and diseases. Consequently, high table grape quality has room in markets abroad, which means higher income for producers.

"If it were another region, I would fight for water. Here I have water." (#08_GG)

The same participant recalls the necessity of union to cope with the negative impacts of the last long-term drought:

“The Sobradinho Dam arrived, a few years ago, at level zero, and then we had to get everyone from the companies together and run after the government. The government created an emergency, and when it was finished, and we were collapsing, it rained and then water arrived, thank God, we ended up losing our work there, but at least, we, together, managed to do it.” (#08_GG)

And the impacts on plant health:

“We started rationing, irrigating one day another not. And the plant began to feel. We ended up taking off part of the production from some plants. We stopped pruning at some point. And it accumulated production up front. It was crazy!” (#08_GG)

On the other hand, analyzing the responses about the impacts of the rainiest year on interviewees' memories, we observe a kind of inversion in the reports. Most of the negative impacts are related to grape growing. Participants mention several problems derived from very rainy seasons: difficulties in controlling diseases, increased use of agrochemicals, low fruit quality, and low prices in the market. Interestingly, some producers are investing in plastic covering in the vineyards to cope with those events, especially during the “second harvest” (in the second semester), when a rainy season is already expected. Which is peculiar in a region known for its semi-aridity condition. Other negative impacts, although general, relate to grape growing. Heavy rains bring problems to PIPs, damaging roads and drains, and eventually causing problems in harvest transportation.

“You see we prune in the hot season. We harvest in the hot season. [The grape] arrived in the cold room, just because it sweated in the cold, it cracked, so it can't handle water at all. It will either be rainy or dew. And even in the field, so you have to be careful, too much water is harmful.” (#16_GG)

Nevertheless, while recalling the rainiest year in their memories, participants mentioned more general positive impacts in the SFRV region. In their perceptions, it brings water security for rainfed agriculture and assures means of living for smallholder farmers in

Northeast Brazil. Concerning grape growing, the positive impacts mentioned are related to the lower need for water for irrigation and guaranteed water availability.

“Without water security you cannot invest in grapes, for example. How are you going to invest in a high-cost crop without water security? That's why the crops are here, on the banks of the São Francisco River.” (#12_PA)

3.5. Discussion

Some thoughts can be extracted from the results presented above. Resuming the theoretical approaches used to base this study, we found common and divergent ways in which people related to table grapes production in the SFRV, and construe their point of view about the use of water for irrigation. Besides, although known as a semiarid region and an important hub of fruit production in Brazil, the participants' perceptions of climate dynamics in the SFRV reveal different risks for the viticulture and the community throughout the year, which needs further consideration.

The content analysis showed that “water and irrigation management” is a category of concern for all groups. Little repertory, though, is directed to “participatory actions”, which is highly considered as a strategy to increase adaptive capacity and, thus, reduce vulnerability to phenomena like climate change, whose manifestation is not isolated to a few cases and can be observed even in a global level (Nicholas and Durham, 2012). However, the context of table grapes production in public irrigation projects (PIPs), where the ecophysiological conditions are met by technical instruments and the surface water of São Francisco River, leads the organization among producers to be a business management tool, rather than a solidarity chain in times of extreme weather events. One could argue that farmers' associations can reduce production costs and aid in accessing more valuable markets, returning higher profits and, consequently, increasing adaptive or recovery capacity when facing severe droughts and heavy rains. As a parallel, in the 2012-2016 drought that devastated California, Lund et al (2018) argue that the negative impacts were not wider because the state, over the last century, shifted its economic structure from agriculture prominence to less water-consuming activities like services and manufacturing. In the SFRV,

somehow, the 2011-2019 drought, made institutions and individuals that are dependent on water for irrigation to manage the problem together. Eventually, it rained and the emergency apparatus was no longer necessary. But the collective response to drought was tested.

The global and differential analysis of constructs through the Bootstrapping Technique (section 4.1), gives us an idea of the most pressing aspects recognized by participants. Nonetheless, it might have been biased by the elements and triads set by the research team, which is part of the Repertory Grid Technique (RGT) method. However, even considering that the majority of elements were related to irrigation and grape production, no direct relationship was mentioned between socioeconomic/institutional aspects and water and irrigation management, which was demonstrated by the Cluster Analysis (section 4.2).

In general, the grape growers seem to be aware of efficient technologies that could be applied to irrigation management. Often, surface drip was rated as more efficient than micro-sprinklers. In the PIPs, almost the totality of vineyards is equipped with localized irrigation systems, which require physical structure and knowledge to manage. In terms of adoption of techniques, tools, and choice for grape cultivars and rootstocks, the table grape production in the PIPs Nilo Coelho and Bebedouro seems not to be embedded in traditional ways of conducting and irrigating the vineyard. Unlike other situations, where the grapes are destined for wine production, and traditional wine-growing practices are being modified due to climate change: installation of irrigation systems and shift to grape cultivars adapted to water-deficit conditions are some examples (Ayuda et al., 2021; Medrano et al., 2015). It is important to note that the SFRV region is relatively new in viticulture (commercially since the 1970's). In this way, grape growers might be more receptive to tools and agricultural practices that bring environmental benefits, while reducing costs and increasing productivity and fruit quality (Graveline and Grémont, 2021). Somehow, those precepts appear through the certification labels and requirements of buyers, especially from other countries. Even in those cases, from the participants' point of view, the consumers' preferences regarding the flavor and appearance of grapes seem to be more relevant than sustainable agricultural practices focused on rational water use. It might change shortly, as it is happening in other food chains like coffee (ICO, 2024).

Despite the high investment necessary to have a vineyard in the SFRV, and the technical knowledge applied to make it profitable (pruning, fertilizing, irrigating and spraying chemicals). The water management is still based on an empirical mode of “feeling the plant”, “watching plant reactions to weather changes” and “touching the soil” to verify humidity. The weather station, which together with the tensiometer could provide data on plant evapotranspiration and aid the calculation of water needs, is more utilized to monitor the risk of diseases.

By the way, the risk of diseases affecting the grapevines is highly considered in rainy seasons and was appointed as an important issue to deal with in years of precipitation above normal. In general, when stimulated to think about the positive and negative impacts of the driest and the rainiest years in their memories (section 4.3), participants were capable of recognizing the different realities of drought faced by table grapes productions in PIPs and rainfed agriculture outside PIPs. The risk of drought is perceived, as well as its impacts. However, the risk of not having water at all to irrigate the vineyards is perceived as a remote probability. Common drought adaptations like water storage are more linked to energy cost savings, both for grape growers and irrigation district managers. Including, energy issues were reiterated by those two groups, specifically. As the pumping of water from the São Francisco River is mandatory and it increases in dry seasons, the correlation between energy demand and water demand in the SFRV need to be considered. In a recent study, Yamashita and Hata (2021) revealed the dual risk faced by fruit farming in the area: water scarcity for irrigation and high energy costs during periods of drought.

And to enclose this discussion, we bring again the term “safe development paradox” (Eriksen et al., 2021). The authors relate it to adaptation strategies that hide risks using technical apparatus. Curiously it corroborates Graveline and Grémont (2021) reflection that, the consideration of irrigation as the silver bullet to cope with more frequent droughts, could lead to water depletion in some contexts, increasing farmer’s vulnerability to climate change. As Ulrich Beck (2016) points out: *“‘Climate change’ from the upper-class perspective of producers of world-class wines therefore does not appear as climate change but presents a situation that requires a decision.”* The table grapes production under irrigation in the PIPs of the SFRV seems to behave similarly.

3.6. Conclusions

In the introduction section, we addressed two questions:

- 1) How do people involved with table grape growing under irrigation in SFRV perceive the degree of response of this production model when facing severe drought?
- 2) And, still, does the constant access to water for irrigation mask at some level the drought impacts within the public irrigation projects?

It is important to note that this study did not apply probabilistic models to test and predict the motivation, attitude or behavior of key actors towards the use of water for irrigation in table grapes production. In this way, those questions cannot be answered in any inferential mode. However, since the aim of the study was “mapping” and exploring different perspectives on that topic, it proved to be very helpful in building up some reflections.

The participants of all groups recognize that water is necessary for the table grape business to be successful and know what to apply to have an efficient irrigation system. However, when it comes to irrigation, from the grape growers' point of view, still preponderates empirical-based decisions rather than data-driven ones, which, in turn, are well-regarded by researchers.

The water management in the SFRV presents multi-level perspectives. The Sobradinho Dam, which is managed by a governmental enterprise, in addition to providing energy, is the main factor that regulates water availability to irrigation districts. The district managers, in turn, leave clear that the role of districts is just to make water available, and who decides how to better allocate it, is the farmer. In extreme droughts, like the one observed from 2011 to 2019, emergency strategies were adopted when farmers assumed that the lack of water was a collective problem. Although addressed as an important aspect by public administration, the cooperation among grape growers, currently, is more related to commercial ends than to increase the adaptive capacity of farming practices to extreme weather events. Thus, the capacity of the system to cope with periods of drought was recently tested, but the adaptation strategies seemed to be dismantled as the drought came to an end with normalized precipitation.

In participants' perceptions, there is no direct relationship between socioeconomic and technical aspects when dealing with the use of water for irrigation. Besides, the financial system seems not to consider climate risks when conceiving credit, since the producer proves to have access to water.

Concerning climate risks, participants recognized the uneven impacts of drought on agriculture inside and outside PIPs. But, when focusing on table grape production, heavy rainy seasons are perceived as more negative than extreme dry seasons, which is leading some producers to invest in adaptation tools like plastic covering. Grape growers perceive the risks of negative impacts caused by drought, however, the risk of not having water at all is viewed as a remote possibility.

These are, of course, just a few considerations that need to be further discussed with academic peers, community representatives and local actors. Although the current context of table grape growing in the SFRV seems not to raise serious climatic issues to concern, climate change should not be underestimated.

References

- ANA. (National Water Agency). Conjuntura dos recursos hídricos no Brasil – Regiões hidrográficas Brasileiras (edição especial). Brasília-DF: Agência Nacional de Águas, 2015, 163 p. Available at: <https://www.snirh.gov.br/portal/centrais-de-conteudos/conjuntura-dos-recursos-hidricos-:~:text=O%20Conselho%20Nacional%20de%20Recursos%20H%C3%ADricos%2C%20por%20meio,H%C3%ADricos%20no%20Brasil%2C%20de%20forma%20sistem%C3%A1tica%20e%20peri%C3%B3dica>. Access on: 26 apr. 2023.
- Ara Begum, R., R. Lempert, E. Ali, T.A. Benjaminsen, T. Bernauer, W. Cramer, X. Cui, K. Mach, G. Nagy, N.C. Stenseth, R. Sukumar, and P. Wester, 2022: Point of Departure and Key Concepts. 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. 121–196, doi:10.1017/9781009325844.003.
- Ayuda, M.-I., Esteban, E., Martín-Retortillo, M., Pinilla, V., 2020. The Blue Water Footprint of the Spanish Wine Industry: 1935–2015. *Water* 12, 1872. <https://doi.org/10.3390/w12071872>

Beck. U. The metamorphosis of the world. Polity Press, 2016, 233 pages.

Belliveau, S., Smit, B., Bradshaw, B., 2006. Multiple exposures and dynamic vulnerability: Evidence from the grape industry in the Okanagan Valley, Canada. *Glob. Environ. Chang.* 16, 364–378. <https://doi.org/10.1016/j.gloenvcha.2006.03.003>

Berrang-Ford, L., Siders, A.R., Lesnikowski, A., Fischer, A.P., Callaghan, M.W., Haddaway, N.R., Mach, K.J., Araos, M., Shah, M.A.R., Wannewitz, M., Doshi, D., Leiter, T., Matavel, C., Musah-Surugu, J.I., Wong-Parodi, G., Antwi-Agyei, P., Ajibade, I., Chauhan, N., Kakenmaster, W., Grady, C., Chalastani, V.I., Jagannathan, K., Galappaththi, E.K., Sitati, A., Scarpa, G., Totin, E., Davis, K., Hamilton, N.C., Kirchhoff, C.J., Kumar, P., Pentz, B., Simpson, N.P., Theokritoff, E., Deryng, D., Reckien, D., Zavaleta-Cortijo, C., Ulibarri, N., Segnon, A.C., Khavhagali, V., Shang, Y., Zvobgo, L., Zommers, Z., Xu, J., Williams, P.A., Canosa, I.V., Van Maanen, N., Van Bavel, B., Van Aalst, M., Turek-Hankins, L.L., Trivedi, H., Trisos, C.H., Thomas, A., Thakur, S., Templeman, S., Stringer, L.C., Sotnik, G., Sjostrom, K.D., Singh, C., Siña, M.Z., Shukla, R., Sardans, J., Salubi, E.A., Safaee Chalkasra, L.S., Ruiz-Díaz, R., Richards, C., Pokharel, P., Petzold, J., Penuelas, J., Pelaez Avila, J., Murillo, J.B.P., Ouni, S., Niemann, J., Nielsen, M., New, M., Nayna Schwerdtle, P., Nagle Alverio, G., Mullin, C.A., Mullenite, J., Mosurska, A., Morecroft, M.D., Minx, J.C., Maskell, G., Nunbogu, A.M., Magnan, A.K., Lwasa, S., Lukas-Sithole, M., Lissner, T., Lilford, O., Koller, S.F., Jurjonas, M., Joe, E.T., Huynh, L.T.M., Hill, A., Hernandez, R.R., Hegde, G., Hawxwell, T., Harper, S., Harden, A., Haasnoot, M., Gilmore, E.A., Gichuki, L., Gatt, A., Garschagen, M., Ford, J.D., Forbes, A., Farrell, A.D., Enquist, C.A.F., Elliott, S., Duncan, E., Coughlan De Perez, E., Coggins, S., Chen, T., Campbell, D., Browne, K.E., Bowen, K.J., Biesbroek, R., Bhatt, I.D., Bezner Kerr, R., Barr, S.L., Baker, E., Austin, S.E., Arotoma-Rojas, I., Anderson, C., Ajaz, W., Agrawal, T., Abu, T.Z., 2021. A systematic global stocktake of evidence on human adaptation to climate change. *Nat. Clim. Chang.* 11, 989–1000. <https://doi.org/10.1038/s41558-021-01170-y>

Brito, S. S. B. et al. Frequency, duration and severity of drought in the Semiarid Northeast Brazil region. *International Journal of Climatology*, v. 38, n. 2, p. 517–529, 2017.

Carbonneau, A. Tropical viticulture: specificities and challenges for a quality viticulture. *Acta Horticulturae*, v. 910, p. 15-34, 2011.

Caretta, M.A., A. Mukherji, M. Arfanuzzaman, R.A. Betts, A. Gelfan, Y. Hirabayashi, T.K. Lissner, J. Liu, E. Lopez Gunn, R. Morgan, S. Mwanga, and S. Supratid, 2022: Water. 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. 551–712, doi:10.1017/9781009325844.006.

Chambers, R. 1994. The origins and practice of participatory rural appraisal. *World Development*, 22 (7), 953-969. [https://doi.org/10.1016/0305-750X\(94\)90141-4](https://doi.org/10.1016/0305-750X(94)90141-4).

- CODEVASF. Projetos Públicos de Irrigação. Available at: <https://www.codevasf.gov.br/linhas-de-negocios/agricultura-irrigada/projetos-de-irrigacao>. Access on: 12 December 2023.
- COMEXSTAT. Exportação e Importação Geral – NCM 08061000 Uvas Frescas. Comércio Exterior do Brasil, 2023. Available at: <http://comexstat.mdic.gov.br/pt/home>. Access on May 2023.
- Costa, J.M., Vaz, M., Escalona, J., Egipto, R., Lopes, C., Medrano, H., Chaves, M.M., 2016. Modern viticulture in southern Europe: Vulnerabilities and strategies for adaptation to water scarcity. *Agric. Water Manag.* 164, 5–18. <https://doi.org/10.1016/j.agwat.2015.08.021>
- Crawford, I.M. 1997. *Marketing Research and Information Systems (Marketing and Agribusiness Texts - 4)*. FAO United Nations, Rome, Italy. <https://www.fao.org/3/w3241e/w3241e00.htm> - Contents
- Cunha, A. P. M. A. et al. Extreme drought events over Brazil from 2011 to 2019. *Atmosphere*, v. 10, n. 11, 2019.
- Dantas, L.G.; dos Santos, C.A.C.; Santos, C.A.G.; Martins, E.S.P.R.; Alves, L.M. Future Changes in Temperature and Precipitation over Northeastern Brazil by CMIP6 Model. *Water* 2022, 14, 4118. <https://doi.org/10.3390/w14244118>
- Davide, B., Martino, B., Lucio, B., Sara, C., Daniele, F., Daniele, M., Davide, M., Bianca, O., Carola, P., Claudio, G., 2023. Effect of multifunctional irrigation on grape quality: a case study in Northern Italy. *Irrig. Sci.* 1–22. <https://doi.org/10.1007/s00271-022-00837-4>
- De Moura, M. S. B.; Sobrinho, J. E.; Da Silva, T. G. F. Aspectos meteorológicos do semiárido brasileiro. In: Ximenes, L. F.; Da Silva, M. S. L.; Britto, L. T. de L. (Eds.). *Tecnologias de Convivência com o Semiárido Brasileiro*. Fortaleza: Banco do Nordeste, 2019. p. 85–104.
- DIB. Plano Operativo Anual 2021. Distrito de Irrigação Bebedouro. Available at: <https://www.codevasf.gov.br/linhas-de-negocio/irrigacao/projetos-publicos-de-irrigacao/elenco-de-projetos/em-producao/bebedouro>. Access on 4 May 2023.
- DINC. Plano Operativo Anual 2021. Distrito de Irrigação Nilo Coelho. Available at: <https://www.codevasf.gov.br/linhas-de-negocio/irrigacao/projetos-publicos-de-irrigacao/elenco-de-projetos/em-producao/senador-nilo-coelho>. Access on 4 May 2023.
- EMBRAPA. Observatório do Mercado de Uva da Embrapa Semiárido. Embrapa Semiárido, 2022. Available at: <https://observatoriosdemercado.github.io/uva/2022/pam/>. Access on: 02 May 2023.
- Eriksen, S., Schipper, E.L.F., Scoville-Simonds, M., Vincent, K., Adam, H.N., Brooks, N., Harding, B., Khatri, D., Lenaerts, L., Liverman, D., Mills-Novoa, M., Mosberg, M., Movik, S., Muok, B., Nightingale, A., Ojha, H., Sygna, L., Taylor, M., Vogel, C., West, J.J., 2021. Adaptation interventions and their effect on vulnerability in developing countries:

Help, hindrance or irrelevance? World Development 141, 105383.
<https://doi.org/10.1016/j.worlddev.2020.105383>

Fransella, F., Neimeyer, R.A. Chapter 2 - George Alexander Kelly: The Man and his Theory. In: Fransella, F., 2003. International Handbook of Personal Construct Psychology, International Handbook of Personal Construct Psychology. John Wiley & Sons, Ltd, West Sussex, England. <https://doi.org/10.1007/978-94-017-9404-6>

Gaines, B .R.; Shaw, M. L. G. Rep Grids Manual – Managing and analyzing collections of grids. May 2021. Available at: <https://pages.cpsc.ucalgary.ca/~gaines/repplus/Documents/>

Gilmore, S., Cosens, B., Griffith, D.L., Alessa, L., Kliskey, A., 2022. Adapting to Socio-Environmental Change: Institutional Analysis of the Adaptive Capacity of Interacting Formal and Informal Cooperative Water Governance. Sustainability 14, 10394.
<https://doi.org/10.3390/su141610394>

Globo Rural. Chuvas geram perdas de R\$ 60 milhões para a uva produzida no Vale do São Francisco. Available at: <https://globo.rural.globo.com/tempo/noticia/2022/12/chuvas-geram-perdas-de-r-60-milhoes-para-a-uva-produzida-no-vale-do-sao-francisco.ghtml>. Access on 29th January 2024.

Graveline, N., Grémont, M., 2021. The role of perceptions, goals and characteristics of wine growers on irrigation adoption in the context of climate change. Agricultural Water Management 250, 106837. <https://doi.org/10.1016/j.agwat.2021.106837>

Home, R., Bauer, N., Hunziker, M., 2010. Cultural and biological determinants in the evaluation of urban green spaces. Environ. Behav. 42, 494–523.
<https://doi.org/10.1177/0013916509338147>

IBGE. Pesquisa Agrícola Municipal – Tabela 1613: Uva (todos os anos). Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, 2023. Available at: <https://sidra.ibge.gov.br/tabela/1613>. Access on 2 May 2023.

ICO. PR 350/2024 - Joint declaration on coffee sector transformation: towards a sustainable and prosperous future for coffee producers and the entire global value chain. International Coffee Organization (ICO). 2024. Available at: <https://icocoffee.org/documents/cy2023-24/pr-350e-ico-gcp-bmz-joint-declaration.pdf>. Access on 31st January 2024.

INSA. O semiárido brasileiro. Instituto Nacional do Semiárido, 2023. Available at: <https://www.gov.br/insa/pt-br/semiario-brasileiro>. Access on: 13 abr. 2023.

Jankowicz, D., 2004. The Easy Guide to Repertory Grids, Personnel Review. Wiley, West Sussex, England. <https://doi.org/10.1108/00483480610636821>

Keller, M. The science of grapevines. Third Edition. Academic Press, 2020.

- Kelly, G.A. Chapter 1 - A Brief Introduction to Personal Construct Theory. In: Fransella, F., 2003. International Handbook of Personal Construct Psychology, International Handbook of Personal Construct Psychology. John Wiley & Sons, Ltd, West Sussex, England. <https://doi.org/10.1007/978-94-017-9404-6>
- Lund, J., Medellin-Azuara, J., Durand, J., Stone, K., 2018. Lessons from California's 2012–2016 Drought. *J. Water Resour. Plann. Manage.* 144, 04018067. [https://doi.org/10.1061/\(ASCE\)WR.1943-5452.0000984](https://doi.org/10.1061/(ASCE)WR.1943-5452.0000984)
- Marengo, J. A.; Torres, R. R.; Alves, L. M. Drought in Northeast Brazil—past, present, and future. **Theoretical and Applied Climatology**, v. 129, n. 3–4, p. 1189–1200, 2017.
- Medrano, H., Tomás, M., Martorell, S., Escalona, J.-M., Pou, A., Fuentes, S., Flexas, J., Bota, J., 2015. Improving water use efficiency of vineyards in semi-arid regions. A review. *Agron. Sustain. Dev.* 35, 499–517. <https://doi.org/10.1007/s13593-014-0280-z>
- Merloni, E., Camanzi, L., Mulazzani, L., Malorgio, G., 2018. Adaptive capacity to climate change in the wine industry: A Bayesian Network approach. *Wine Economics and Policy* 7, 165–177. <https://doi.org/10.1016/j.wep.2018.11.002>
- Mesquita, P. S.; Wittman, H.; Mota, J. A. Climate variability, agricultural livelihoods and food security in Semiarid Brazil. **Sustentabilidade em Debate**, v. 7, p. 38–51, 2016.
- Mirás-Avalos, J.M., Araujo, E.S., 2021. Optimization of Vineyard Water Management Challenges, Strategies, and Perspectives. *Water* 13.
- Mwongera, C., Shikuku, K.M., Twyman, J., Läderach, P., Ampaire, E., Van Asten, P., Twomlow, S., Winowiecki, L.A., 2017. Climate smart agriculture rapid appraisal (CSA-RA): A tool for prioritizing context-specific climate smart agriculture technologies. *Agric. Syst.* 151, 192–203. <https://doi.org/10.1016/j.agsy.2016.05.009>
- Nicholas, K.A., Durham, W.H., 2012. Farm-scale adaptation and vulnerability to environmental stresses: Insights from winegrowing in Northern California. *Global Environmental Change* 22, 483–494. <https://doi.org/10.1016/j.gloenvcha.2012.01.001>
- OIV. Annual Assessment of the World Vine and Wine Sector in 2021. International Organisation of Vine and Wine, 2021. Available at: <https://www.oiv.int/what-we-do/statistics>. Access on 2 May 2023.
- OIV. Country statistics – Brazil year 2021. Organisation of Vine and Wine, 2023. Available at: <https://www.oiv.int/what-we-do/statistics>. Access on 2 May 2023.
- Reboita, M. S. et al. Causas da semi-aridez do Sertão Nordestino. *Revista Brasileira de Climatologia*, v. 19, n. Jul/Dez, p. 254–277, 2016.
- Santos, H.P. Aspectos ecofisiológicos na condução da videira e sua influência na produtividade e qualidade dos vinhos. Comunicado Técnico nº 71, Bento Gonçalves-RS: Embrapa, dezembro, 2006.

- Schwartz, S.W., 2019. Measuring Vulnerability and Deferring Responsibility: Quantifying the Anthropocene. *Theory, Culture & Society* 36, 73–93.
<https://doi.org/10.1177/0263276418820961>
- Schweinsberg, S.C., Wearing, S.L., Darcy, S., 2012. Understanding communities' views of nature in rural industry renewal: the transition from forestry to nature-based tourism in Eden, Australia. *Journal of Sustainable Tourism* 20, 195–213.
<https://doi.org/10.1080/09669582.2011.596278>
- Stevens, J.B., 2006. Adoption of irrigation scheduling methods in South Africa. University of Pretoria, Pretoria. Available at:
<https://repository.up.ac.za/handle/2263/24726?show=full>
- Teixeira, A.H. de C., Bastiaanssen, W.G.M., Basso, L.H., 2007. Crop water parameters of irrigated wine and table grapes to support water productivity analysis in the São Francisco river basin, Brazil. *Agricultural Water Management* 94, 31–42.
<https://doi.org/10.1016/j.agwat.2007.08.001>
- Waite, G., Lane, R., Head, L., 2003. The boundaries of nature tourism. *Ann. Tour. Res.* 30, 523–545. [https://doi.org/10.1016/S0160-7383\(02\)00104-4](https://doi.org/10.1016/S0160-7383(02)00104-4)
- Wheeler, S.A., Marning, A., 2019. Turning water into wine: Exploring water security perceptions and adaptation behaviour amongst conventional, organic and biodynamic grape growers. *Land Use Policy* 82, 528–537.
<https://doi.org/10.1016/j.landusepol.2018.12.034>
- Van Leeuwen, C. et al. An Update on the Impact of Climate Change in Viticulture and Potential Adaptations. *Agronomy*, v. 9, n. 514, p. 1–20, 2019.
- Vieira, R.M.D.S.P., Sestini, M.F., Tomasella, J., Marchezini, V., Pereira, G.R., Barbosa, A.A., Santos, F.C., Rodriguez, D.A., Do Nascimento, F.R., Santana, M.O., Barreto Campello, F.C., Ometto, J.P.H.B., 2020. Characterizing spatio-temporal patterns of social vulnerability to droughts, degradation and desertification in the Brazilian northeast. *Environmental and Sustainability Indicators* 5, 100016.
<https://doi.org/10.1016/j.indic.2019.100016>
- Yamashita, A., Hata, T., 2021. Sustainability of Irrigation Fruit Farming in Terms of Water Supply-demand Situation: Case Study of the Middle Basin of São Francisco River, Northeast Brazil. *Geog. Rev. Japan B* 94, 1–17.
<https://doi.org/10.4157/geogrevjapanb.94.1>

CHAPTER 4 – SOCIO-CLIMATIC VULNERABILITY OF IRRIGATED VITICULTURE TO DROUGHT IN THE SEMI-ARID REGION OF BRAZIL²⁸

Abstract

This study was carried out in the semi-arid region of Brazil, specifically in the Sub-medium of the São Francisco River Valley (SFRV) (9°S, 40°W), and considered the Public Irrigation Projects (PIPs) of Bebedouro and Nilo Coelho, located in the municipality of Petrolina. The region has grape growing as one of its main economic activities and it is characterized by annual periods lasting up to 6 months in which there is a water deficit. Despite the adverse climatic conditions, the viticulture in the SFRV is enabled by irrigation schemes supplied by the São Francisco River Basin and vineyard management techniques that allow growers to schedule grape production throughout the whole year. Although the so-called agro-hydro-business has become a relevant catalyst for sociodemographic and economic dynamics in the Petrolina Region, the already existing vulnerability of the region to periods of drought, threatened by the imminence of worsening periods of water deficit resulting from climate change, raises questions about the water support capacity for grape growing and for those who depend on this activity. By applying a mixed methods approach (qualitative and quantitative, biophysical and socioeconomic data), this study analyzed the impact of the prolonged period of drought from 2011 to 2019 on irrigated viticulture in SFRV. The results show that although exposed to below-average precipitation, the drought did not cause negative impacts on the PIPs. On the contrary, the grape productivity and the production value increased. However, the Sensitivity Index indicated that Bebedouro was more sensitive than Nilo Coelho, and vineyards run by smallholders were more sensitive than companies. Through the analysis framework of the study, the indication is that the table grape growing inside PIPs is not vulnerable to drought periods. However, there is evidence of a rebound effect (Jevon's Paradox) that needs to be further investigated.

Keywords: sensitivity, adaptation, fruit, climate change

²⁸ Note: This chapter is written in a scientific article format. A reduced version of this chapter is aimed to be published afterwards.

4.1. Introduction

Since the 1970s São Francisco River Valley (SFRV) has witnessed the implementation of Public Irrigation Projects (PIPs), the PIPs consist of the delimitation of a perimeter, within which pre-selected farmers and companies can have access to water, channels, roads, living facilities, schools and health services. They are called “public” because the Brazilian government first expropriates the land, and then supplies the necessary infrastructure to transport the amount of water required from the São Francisco River to the crops. The public management is eventually transferred to an association of water users, called “irrigation district” (ID). The ID is responsible for managing the distribution and maintenance of the district infrastructure, charging the users with fixed and variable fees. Nowadays the SFRV, and especially the Petrolina and Juazeiro region, is recognized by its fruit production that attends the domestic and foreign markets. Almost entire fruit production is practiced inside the eight PIPs installed in the region (Castro et al., 2013; CODEVASF, 2023a; Ortega and Sobel, 2010).

The geographical and climatological factors of the region present a condition where the conventional and well-known seasons of the year summarize into two: rainy and dry. The average temperature varies from 24°C to 28°C and the average rainfall is 550 mm – concentrated from November to April (de Moura et al., 2019). This natural condition, allied with the ready-available water from the São Francisco River and the Sobradinho Dam – which was once the largest artificial lake in the world – allows the grapevines to grow throughout the year, which is only possible in a few places of the world (Carbonneau, 2011). Second Organization of Vine and Wine (OIV), in 2021 Brazil produced 1.7 million tons of grapes (2.4% of world grape production) in 75.7 thousand ha (22nd in the world ranking by area) (IBGE, 2023; OIV, 2023). The Embrapa’s Grape Observatory estimates that the SFRV has 10.6 thousand ha of vineyards, mostly destined for table grape production (EMBRAPA, 2022). The region also responds to 98% of table grape exports and Brazil stands in 8th place in the world table grape production ranking (COMEXSTAT, 2023; OIV, 2021). The average productivity of the region is 44 tons/ha against the national average of 27 tons/ha (EMBRAPA, 2022).

Although the implementation of PIPs as an adaptation strategy seems to be well established in the region, in the period from 2011 to 2019 the SFRV and the Northeast of Brazil (NEB) faced the most severe drought of the last 50 years (Cunha et al., 2019; Marengo et al., 2017). As already indicated by other studies, the risk of droughts is of high concern for energy generation and food systems in NEB, justifying the implementation of PIPs to assure the economic and social development in a zone that is vulnerable to droughts (Brito et al., 2017; Dobkowitz et al., 2020; Vieira et al., 2020). Moreover, the climatic projections for NEB show a probable increase of 1°C in temperature (Dantas et al., 2022). This condition could lead to an increase in evapotranspiration and, therefore, increasing grapevine water requirement. Which is a *sine qua non* input for grape production in SFRV, and not just a plant management tool to be applied, as some local actors declared in a previous study (see [Chapter 3](#)).

To assess how the climate variability in SFRV affected the table grape production in the PIPs during the 2011-2019 drought, we operationalize the concept of socio-climatic vulnerability. It deals with the group of attributes and resources intrinsic to an individual, a place, a system, or a population that mediates necessary actions in situations of materialization or potential occurrence of risks and hazards of climatic and meteorological origin (for example droughts, floods, storms). This concept also includes, as analytical dimensions, the sensitivity and exposure of a given location to these phenomena (Adger, 2006; Armstrong et al., 2021; Cutter, 2003; Marandola Jr., 2014, Torres et al., 2012).

The working hypothesis in this study argues that the prolonged period of drought from 2011 to 2019 affected the socio-climatic vulnerability of irrigated viticulture unequally, being accentuated among small producers compared to business viticulture.

By conducting this, this article aims to highlight the main factors that influence vulnerabilities and socio-climatic dynamics in SFRV irrigated perimeters, including the role of adaptive capacity in the face of extreme climatic events.

4.2. Methods

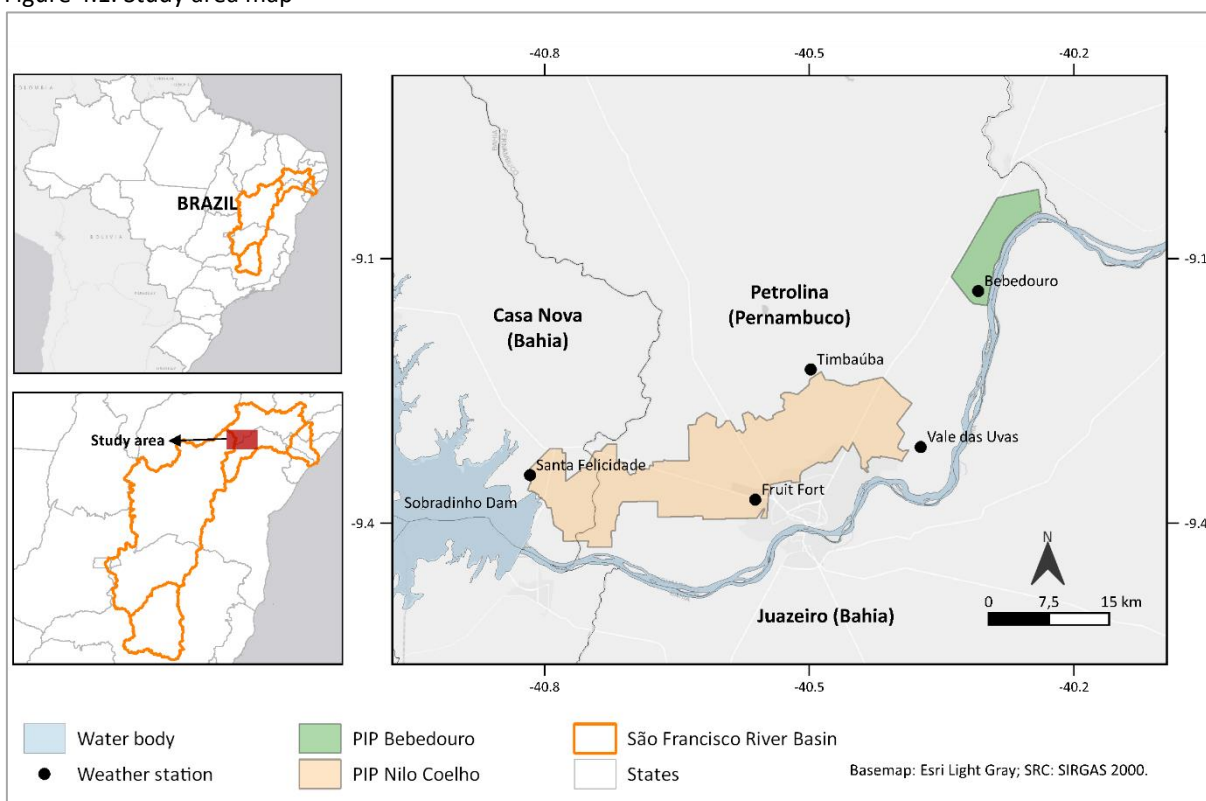
This study adopts a mixed-method approach. In the next sections, we present the study area and the analytical framework used to assess the socio-climatic vulnerability. The three vulnerability dimensions are analyzed separately: exposure, sensitivity and adaptive capacity.

4.2.1. Study area

Representing the viticulture under irrigation in the PIPs of SFRV, two areas were selected: Bebedouro and Nilo Coelho (see Figure 4.1).

The PIP Nilo Coelho is Brazil's largest irrigation district, with 22.5 thousand ha, with 50.6% of the occupied area being used by medium and large companies (over 7.01 ha) and 49.4% of the area is destined for smallholder farmers (up to 7 ha). It began its operation in 1984 and today about 27% of the PIP area is destined for table grape production (DINC, 2021). Besides, the PIP Nilo Coelho was first conceived to supply farmers with modern hydric equipment. It is localized in Petrolina (State of Pernambuco) and Casa Nova (State of Bahia). This PIP offers 976 km of water channels and 39 pumping stations. In 2020, the PIP Nilo Coelho captured $156,022 \times 10^3 \text{m}^3$ from the Sobradinho Dam (DINC, 2021).

Figure 4.1. Study area map



Source: prepared by the authors.

On the other hand, the PIP Bebedouro is the pioneer project in the region. Opened in 1968, it presents 1.1 thousand ha of irrigated area, of which 27% is occupied by viticulture (DIB, 2021). In 2020, 954 ha of the PIP's irrigated area (82.3% of the total area) was occupied by smallholder farming, while companies occupied 17.7% of the perimeter. This PIP offers 31 km of water channels and 5 pumping stations. In 2020, the PIP's main pumping station captured $19,390 \times 10^3 \text{ m}^3$ of water from the São Francisco River (DIB, 2021).

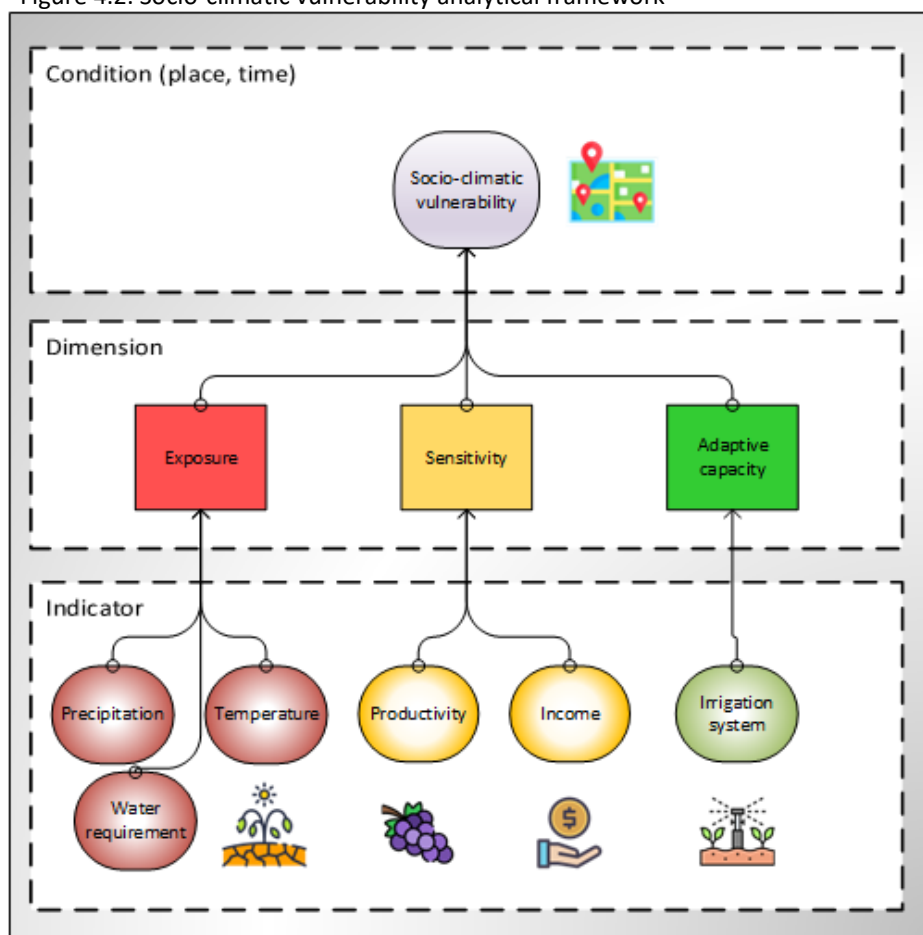
In both PIPs, besides table grapes, there are plantations of mango, guava, coconut and other fruits. The areas are mainly irrigated by localized systems like micro sprinklers and surface drip irrigation.

4.2.2. Vulnerability analytical framework

The analytical lens of the research makes use of a methodological tool that integrates biophysical, technical and socioeconomic data, in a quantitative approach, which seeks to capture the temporal variability of climate and the dynamics of grape growing.

The period of analysis is mostly concentrated from 2010 to 2022. This period starts in the year immediately before the beginning of the interval in which a rainfall regime below the historical average (2011-2019) was observed, which triggered a crisis in water supply, compromising the supply capacity of the region's reservoirs (Marengo et al., 2018). It finishes in 2022, which is the year when the last secondary datasets were consolidated. Nevertheless, it also includes time series data from 2000 to 2023 for some variables. The detailed data source and availability are on [Apêndice VIII](#). Figure 4.2 shows the analytical framework.

Figure 4.2. Socio-climatic vulnerability analytical framework



Source: prepared by the authors.

The proposed analytical framework considers the three dimensions of socio-climatic vulnerability (Dobkowitz et al., 2020; Luers et al., 2003; Reis et al., 2020; Vieira et al., 2020): (i) *Exposure* - the probability of localities being affected by the extreme event, takes into account edaphoclimatic, agrometeorological and hydrological variables; (ii) *Sensitivity* – it seeks to capture how much viticulture is impacted by the occurrence of droughts in technical, socioeconomic and land use terms; and (iii) *Adaptive capacity* – assessed through the resources that the system has, be it the social and institutional level and organization, or the technical (practices of cultivation and adoption of technologies) and economic infrastructure (access to agricultural insurance and investment credit).

4.2.3. *The exposure dimension of vulnerability*

Usually, when dealing with vulnerability to drought, the exposure dimension is represented by drought indices like the Thorntwaite's Aridity Index, Standardized Precipitation Index (SPI) and its version that includes evapotranspiration (SPEI) (Svoboda and Fuchs, 2016), or other indices applied to viticulture like the Dryness Index and Grapevine Water Index (Conceição et al., 2018; Teixeira et al., 2012; Tonietto and Carbonneau, 2004).

Even though those indices could be useful to depict a condition of drought and still, establish a comparison parameter when considering climatological periods. By applying drought indices, we would not approximate the real water availability context faced by farmers installed within the Public Irrigation Projects. Despite showing below-average precipitation and/or above-average evapotranspiration, the water requirements continued to be supplied by the irrigation scheme available. Thus, by applying drought indices we would demonstrate the rainfall deficit, but we would not represent the water availability condition in the vineyards.

In this way, we use data from the energy regulation service to show the Sobradinho Dam's reservoir volume during the drought. We also use data from five weather stations that cover the area of PIPs Bebedouro and Nilo Coelho to calculate precipitation and temperature anomalies during the same period. However, in this study, we assume that the exposure dimension is represented by the coefficient of water requirement by grapevines in

SFRV, which is sensible to factors inherent to grape growing under irrigation and the local climate.

4.2.3.1. The volume of Sobradinho Dam's reservoir

The useful volume of the Sobradinho Reservoir is represented in percentage. The daily data covers the period from January 1st, 2000 to December 31st, 2023. The data source is the National Operator of Electric System (ONS in Portuguese), which monitors the water levels of Brazilian basins and reservoirs in terms of potential stored energy. The Sobradinho Reservoir stores the São Francisco River water, controlling the river's flow since 1979, and impacting directly the water withdrawal of PIPs. In a previous study of the water supply and demand of irrigated fruit farming in SFRV, Yamashita and Hata (2021) used Sobradinho Dam data to depict the drought period from 2014 to 2016.

4.2.3.2. Precipitation and temperature anomalies

The anomalies of precipitation (%) and temperature (°C) were calculated based on data from five weather stations maintained by Embrapa's weather service, that cover the areas of PIPs Bebedouro and Nilo Coelho (see Figure 4.1), namely: Bebedouro, Santa Felicidade, Fruit Fort, Timbaúba and Vale das Uvas.

The data covers the period from 2004 to 2023 (20 years). For each weather station, the data were treated considering missing values. The not available values were imputed using the historical monthly average, either for precipitation (mm) or temperature (°C). More information about the data from weather stations can be found in [Apêndice VIII](#). Then, for each month/year, an average of the five weather stations was calculated. Those values were used to calculate anomalies of precipitation and temperature.

The anomalies are related to the precipitation and temperature observed from 2004 to 2023, considering two seasons: rainy (November to April) and dry (May to October).

Therefore, the results correspond to the anomalies calculated for the respective seasons against the averages for the seasons in the 20-year time series.

It is relevant to consider the intra-annual variability of climate variables, principally precipitation, as highlighted previously by the local actors involved in grape growing in SFRV (see [Chapter 3](#)). As grape growing is possible at any period of the year, the production schedule could be based on the expected weather for the already known rainy and dry seasons. Equation 1 represents the precipitation anomaly in percentage and Equation 2 the temperature anomaly in °C.

$$PA_{ij} = \frac{(\sum P_{ij} \times 100)}{Avg(P_{jn})} - 100 \quad (\text{Eq. 1})$$

Where:

PA_{ij} = precipitation anomaly (%) for a year (i) and season (j)

P_{ij} = sum of monthly precipitation observed in a year (i) and season (j): Dry (May-Oct), Rainy (Nov-Apr)

Avg = average

P_{jn} = precipitation for the season (j) considering the time series (n)

n = number of observations (2004-2023)

$$TA_{ij} = Avg(\sum T_{ij}) - Avg(T_{jn}) \quad (\text{Eq. 2})$$

Where:

TA_{ij} = temperature anomaly (°C) for a year (i) and season (j)

T_{ij} = sum of monthly temperature observed in a year (i) and season (j): Dry (May-Oct), Rainy (Nov-Apr)

Avg = average

T_{jn} = temperature for the season (j) considering the time series (n)

n = number of observations (2004-2023)

4.2.3.3. Technical coefficient of water use for irrigated viticulture

The coefficients are made available by the National Water Agency (ANA in Portuguese) (ANA, 2019a). The ANA's technical coefficients are intended to support the planning and implementation of management instruments, namely: charging and granting for water use. They can be applied in projections for water demand, water balance, cost-benefit ratios, production yield, climate risk and the impact of climate change (ANA, 2019b). These coefficients are calculated for each month, crop and Brazilian municipality. Furthermore, it specifies 61 temporary and perennial crops. The selection of these crops comes from the Brazilian Institute of Geography and Statistics (IBGE in Portuguese) crops database. In an investigation done in the southeast of the state of São Paulo, Brazil, Carvalho et al. (2021) applied these coefficients to estimate the potential water demand of the agricultural sector.

As the PIPs Bebedouro and Nilo Coelho are localized in the municipality of Petrolina, the coefficients collected refer to the State of Pernambuco, the municipality of Petrolina, and the perennial crop of interest: table grape.

The data were imported from the ANA online database, and the raw values are expressed as the need for irrigation in liters per second per hectare ($L s^{-1} ha^{-1}$) (ANA, 2024). The calculus of the coefficient considers the hydric need of the grapevines, the effective precipitation in the region and the estimated efficiency of the irrigation system. To define the average climate, data from the ANA and the National Meteorology Institute (INMET in Portuguese) hydrometeorological networks until December 2017 were used. For precipitation, the data come from 10,083 ANA stations with consolidated data for at least 60 months, and for potential evapotranspiration, the data come from 524 INMET stations. Those data were interpolated to cover the national territory (ANA, 2019b).

The hydric need of the grapevines considers the local climate by estimating the potential evapotranspiration (ET_0) (mm d^{-1}) by applying the FAO Penman-Monteith Method, and the average monthly total precipitation (mm) for the period of analysis. To calculate the effective precipitation (Pe), the soil water storage, the potential crop evapotranspiration (ET_{pc}) and the precipitation were considered. According to the ANA guidelines, to the ET_{pc} calculation it was applied the table grape coefficient (K_c) of 0.85, which corresponds to the middle of the cycle. The soil water storage considers the ET_{pc} and a soil water storage factor ($SF = 1$), corresponding to an average storage value of 75 mm.

To arrive at the need for irrigation, the calculus of the coefficient also considers the real evapotranspiration for table grapes (ET_{rc}). The ET_{rc} results from ET_{pc} multiplied by the soil moisture coefficient (K_s), which is crop and local sensible. The details of the equations are in [Apêndice IX](#). The specific parameters for the table grapes K_s consider the effective depth of the crop root system ($Z = 1$ m), an available water capacity (AWC) in mm (average of $0.084 \text{ m}^3 \text{ m}^{-3}$ for the municipality of Petrolina), and a dimensionless water availability factor (f) of 0.35 for table grapes.

At last, the results can be modulated according to the irrigation system efficiency (E_a) and the expected precipitation. The ANA guidelines consider 95% efficiency for surface drip irrigation and 90% for micro-sprinklers. The results can be estimated based on 100% or 70% of expected precipitation. Equations 3 and 4 represent the final stage for calculating the technical coefficient of water use for irrigated viticulture.

$$Def_{g,m} = [N_g - (Pe \times w)] \times 3.6 \quad (\text{Eq. 3})$$

Where:

$Def_{g,m}$ = monthly (m) deficit of water consumption by table grapes (g) in $\text{m}^3 \text{ h}^{-1} \text{ ha}^{-1}$

N_g = need for irrigation for table grapes (g) considering the real crop evapotranspiration in $\text{L s}^{-1} \text{ ha}^{-1}$

Pe = effective precipitation in $\text{L s}^{-1} \text{ ha}^{-1}$

w = expected precipitation for the month (100% = 1, 70% = 0.7)

3.6 = conversion factor from $L\ s^{-1}\ ha^{-1}$ to $m^3\ h^{-1}\ ha^{-1}$

$$Irr_m = Def_{g,m}(Ea) \quad (Eq. 4)$$

Where:

Irr = need for irrigation for a month (m) in $m^3\ h^{-1}\ ha^{-1}$

$Def_{g,m}$ = monthly (m) deficit of water consumption by table grapes (g) in $m^3\ h^{-1}\ ha^{-1}$

Ea = efficiency of application of the irrigation system, dimensionless (90% for micro sprinkler = 1.1, 95% for surface drip = 1.05)

As the coefficients express the need for irrigation by month, and considering the practice of table grape production throughout the year, we have adapted the coefficients to represent the need for irrigation of an entire productive cycle (120 days). Equation 5 represents the need for irrigation of a productive cycle of table grapes.

$$Irr_{cy} = \frac{\sum Irr_m}{n} \quad (Eq. 5)$$

Where:

Irr_{cy} = need for irrigation for a cycle (cy) of 120 days or 4 months in $m^3\ h^{-1}\ ha^{-1}$

n = number of months for a complete grapevine productive cycle (120 days, $n = 4$)

The coefficient of need for irrigation of a productive cycle of table grapes is expressed in $m^3\ h^{-1}\ ha^{-1}$ and takes into account the time passed from the pruning of grapevines until the senescence period of the plants.

4.2.4. The sensitivity dimension of vulnerability

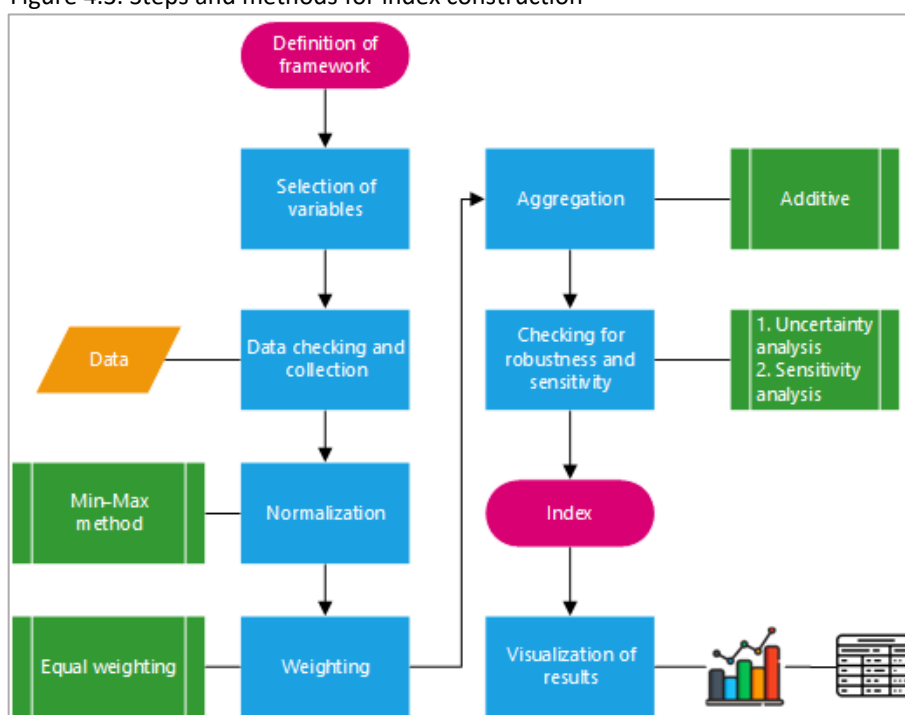
As mentioned in [Section 2.2](#), the sensitivity dimension of the socio-climatic vulnerability of grape growing seeks to capture how much viticulture is impacted by the occurrence of droughts in technical, socioeconomic and land use terms.

The approach chosen to analyze this dimension was the construction of a composite index based on the methodology proposed by OECD (2008). Generally, a composite index measures a multi-dimensional or a multi-variable reality, that cannot be captured by a single indicator (Greco et al., 2019; OECD, 2008). That analysis framework was applied previously, in studies that seek to communicate and promote comparisons concerning sustainability levels of countries, industries and other unities of analysis (Gan et al., 2017; Pahker et al., 2024; Saisana and Philippas, 2012). Regarding vulnerability, previous studies have constructed indices to measure it in rural areas and crops (Bouroncle et al., 2017; Challinor et al., 2007; Luers et al., 2003; Nyairo et al., 2020), at different scales (Hahn et al., 2009), and applied to the Northeast of Brazil (Dobkowitz et al., 2020; Vieira et al., 2020).

Although the application of a composite index has the advantage of summarizing and reducing the size of indicators without losing information, we acknowledge that this method is accompanied by caveats, mainly directed to the use of available and non-ideal data, a biased assumption of relevant factors by the researcher and the consideration of the sensitivity dimension of vulnerability as something strictly negative (Enenkel et al., 2020; Marandola Jr. and D'Antona, 2014; Schwartz, 2019).

The OECD guidelines propose a sequence of steps to follow in the construction of a composite index. Figure 4.3 presents a summary of those steps.

Figure 4.3. Steps and methods for index construction



Note: Prepared by the author. The main steps (blue boxes) are based on OECD (2008); the normalization method is based on Mazziotta and Pareto (2022); the weighting and aggregation methods are based on Gan et al. (2017); the list of robustness analysis is based on Greco et al. (2019).

According to Figure 4.3, the basic steps for the construction of a composite index involve (1) the definition of a framework; (2) the selection of variables; (3) data collection; (4) data treatment; (5) weighting; (6) normalization; (7) aggregation; and (8) checking for robustness.

The variables selected to capture the sensitivity of PIPs Bebedouro and Nilo Coelho were grape production (ton), area (ha), and gross production value (R\$). The data corresponds to a year. Although the time series extends from 2002 to 2022, the Sensitivity Index (SI) was calculated for the period 2010 to 2022 (pre-, during, and post-drought). Table 4.1 summarizes the variables, metrics and temporal coverage of the index.

Table 4.1. Variables selected to compose the sensitivity index

Variable	Metric	Local	Type	Type size	Size
Grape production	ton	PIP Bebedouro, PIP Nilo Coelho	Total, Smallholder, Company	PIP Bebedouro smallholder	< 20.0 ha
Area	ha	PIP Bebedouro, PIP Nilo Coelho	Total, Smallholder, Company	PIP Bebedouro company	> 20.0 ha
Gross production value	R\$	PIP Bebedouro, PIP Nilo Coelho	Total, Smallholder, Company	PIP Nilo Coelho smallholder	< 7.0 ha
				PIP Nilo Coelho company	> 7.0 ha

Source: CODEVASF (2023a), DIB (2024), DINC (2024).

As noticed, the PIPs have different definitions for smallholder and company farming. The definitions were provided by the irrigation districts (ID). Even though the data provided by CODEVASF treat both groups differently, the institution does not define size. Thus, we follow the IDs definitions.

From these variables, we calculated two indicators: productivity (ton/ha) and production value (R\$/ton). Those measures control for the PIP size, as the PIP Nilo Coelho total area planted with grapes in 2022 was 7,070 ha against 357 ha in PIP Bebedouro (CODEVASF, 2023b). Then, we calculated those indicators for each PIP, type and year, from 2010 to 2022.

The construction of the Sensitivity Index (SI) was done with the help of COINr, an R package for developing composite indicators (Becker et al., 2022). After obtaining the indicators, the values were rescaled by applying the min-max normalization method, considering the interval 0-1, to allow comparison among indicators.

According to Guo et al. (2021), each variable can have a negative or a positive influence on the sensitivity dimension of irrigated viticulture's socio-climatic vulnerability to drought. Therefore, there are two modes of data normalization. Equation 6 stands for a variable with a positive or a directly proportional influence on vulnerability, which means the worsening of vulnerability conditions. Meanwhile, Equation 7 stands for a variable with a negative or inversely proportional influence on vulnerability, thus reducing a vulnerability condition.

$$N_{\theta ij} = \frac{X_{\theta ij} - X_{min}}{X_{max} - X_{min}} \times (u - l) + l \quad (\text{Eq. 6})$$

$$N_{\theta ij} = \frac{X_{max} - X_{\theta ij}}{X_{max} - X_{min}} \times (u - l) + l \quad (\text{Eq. 7})$$

Where $N_{\theta ij}$ is the normalized value expressed as $0 < N_{\theta ij} < 100$, and $X_{\theta ij}$ represents the j variable of i local in time θ , in other words, the observed value. And X_{min} and X_{max} correspond to the minimum and maximum values found for that variable in the region or period. This results in a linear transformation with minimum value l (0) and maximum value u (1) (Becker et al., 2022). Both productivity and production value were assumed that influence negatively the SI. Therefore, low values of productivity and production value mean high values of sensitivity.

Consequently, the normalized value of each variable multiplies by its factor score. We applied equal weighting for the indicators, with factor = 1. Then, a weighted arithmetic aggregation was used to calculate the index, according to Equation 8 (Fritzsche et al., 2014; Vieira et al., 2020).

$$SI = \frac{\sum_{i=1}^n w_{\theta ij} N_{\theta ij}}{N_n} \quad (\text{Eq. 8})$$

Where SI stands for Sensitivity Index; $w_{\theta ij}$ is the weight of the variable; $N_{\theta ij}$ corresponds to the normalized value for the variable (Eq. 6 and 7); and N_n is the number of indicators.

4.2.5. The adaptive capacity dimension of vulnerability

In this study, we deal with the adaptive capacity dimension of socioclimatic vulnerability of grape growing under irrigation as being the technical resources used by farmers. In this case, we consider the estimated efficiency of the irrigation system as a strategy of adaptation to climate change, assessed through the proportion of vineyard area (ha)

equipped with surface drip irrigation, micro-sprinkler and other systems (Medrano et al., 2015; Romero et al., 2022).

The IPCC Working Group II in the Sixth Assessment Report defines adaptation to climate change as the implementation of strategies that play a key role in reducing climate-related risks (Ara Begum et al., 2022). And, the irrigation is one of the key agriculture practices that reduce crop risks related to water stress and heat (Caretta et al., 2022, van Leeuwen et al., 2024). However, in SFRV the irrigation is not optional, but necessary. Thus, the level of efficiency should be considered.

Unfortunately, we were not able to conduct a complete survey in both PIPs to collect data that would allow us to draw a profile of viticulture in terms of cooperation and access to credit and crop insurance. Even though, in Chapter 3 we have presented relevant insights about these issues. Tracing back to the results of the previous chapter, we have found that there is no formal service of technical assistance in the PIPs. Besides, the cooperation and association among producers have more of a commercial objective than a productive one.

The data available for the types of irrigation systems were obtained straight from the irrigation districts Nilo Coelho and Bebedouro. In Bebedouro we have data just for the year 2023. For Nilo Coelho we collected data from the Annual Operative Plans (POA in Portuguese), from 2012 to 2023.

By aiming to mirror the results obtained with the proportion of area by irrigation systems, data from irrigation districts were collected to represent the total water withdrawal in 10^3m^3 . For Bebedouro, data covers the period from 2002 to 2023. And, for Nilo Coelho from 2005 to 2022.

For Bebedouro, the PIP administration supplied the data. For Nilo Coelho, the data source was the collection from annual reports and operational planning documents available on the PIP's website (DINC, 2024).

4.3. Results

The results for the three dimensions of socio-climatic vulnerability are shown in the following sections.

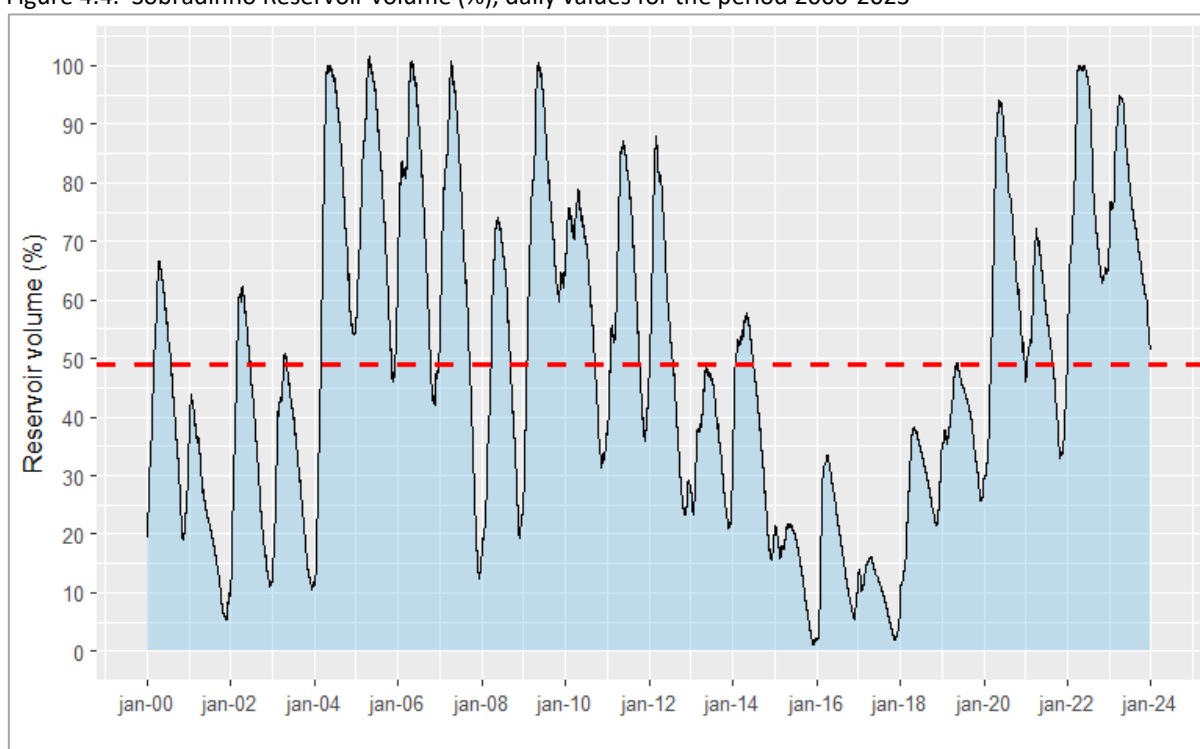
4.3.1. *Exposure*

Regarding climate, Köppen's climate classification allocates the São Francisco River Valley in the BSh climate zone (dry semiarid climate of low latitude and altitude). According to Köppen's classification, this is the only type of climate classified as semiarid in Brazil and uses the following criteria: (i) average annual temperature $\geq 18^{\circ}\text{C}$; (ii) total annual precipitation ≥ 5 times and ≤ 10 times the drought threshold (Alvares et al., 2013).

Usually, the rainfall period occurs between November and April. The dry period concentrates from May to October. Therefore, despite the possibility of producing grapes at any time, the intra-annual climate variability influences the water demand by viticulture, changing the condition of exposure to drought depending on the pruning date.

Figure 4.4 presents the level of Sobradinho Dam's reservoir in terms of percentage of useful volume from 2000 to 2023. The total storage capacity of Sobradinho Dam's reservoir is 34.1 billion m^3 , and its extension can reach 350 km, covering an area of approximately 4,200 km^2 (Braga et al., 2012).

Figure 4.4. Sobradinho Reservoir volume (%), daily values for the period 2000-2023



Note: Prepared by the authors based on data from the National Operator of Electric System (ONS). The red dashed line represents the average of the time series (48.97%).

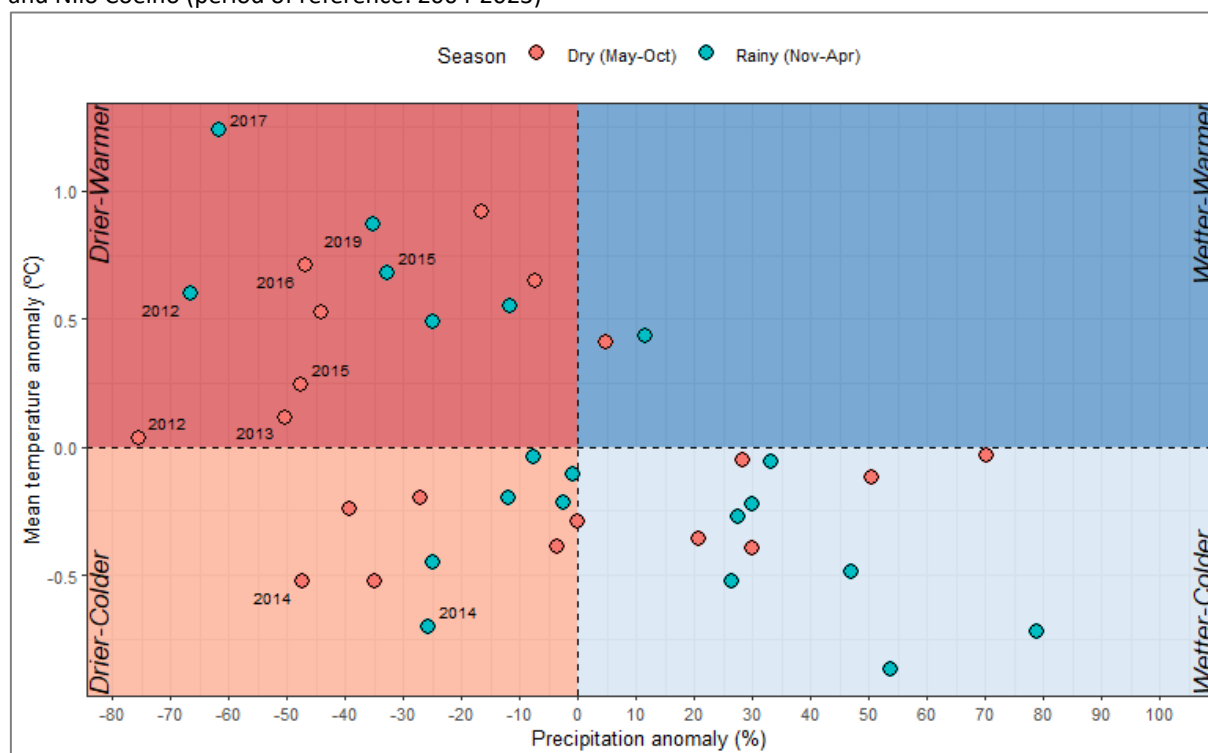
According to Figure 4.4, from November 2015 to January 2016, the reservoir level reached its lowest level in 24 years: 1% to 2% of the volume. Another critical event was observed in November 2017, when the reservoir volume varied from 2% to 3%. From 2015 until 2020, the reservoir volume was below average. Somehow, the figure shows the slow evolution of the drought, which is a peculiar characteristic of the phenomenon. In a study about the impact of the 2012-2017 drought on the Sobradinho reservoir, Martins et al. (2019) reported that the water surface receded by about 63% during September 2017, affecting the communities that live along the lake, which were put farther from the water.

Due to water scarcity, the National Water Agency (ANA in Portuguese) and the Hydroelectric Company of São Francisco (CHESF in Portuguese) published the Resolution n. 442 of 8th April 2013, communicating the alteration of Sobradinho Reservoir defluence from 1300 m³/s to 1100 m³/s, to ensure the multiple uses of water in the region (energy, irrigation, water transport, human consumption). Second the ANA's Resolution n. 680 of 30th April 2014, that measure was maintained until 31st July 2018 (ANA, 2014). At that time, farmers dependent on the water from the São Francisco River for irrigation initiated a campaign called

“The River’s Day”, when farmers were asked to not irrigate their crops on Wednesdays, to save water (Folha de Pernambuco, 2018).

Figure 4.5 shows the anomalies of precipitation and temperature from 2004 to 2023, divided by rainy (November to April) and dry (May to October) seasons.

Figure 4.5. Precipitation (%) and mean temperature (°C) anomalies in the Public Irrigation Projects Bebedouro and Nilo Coelho (period of reference: 2004-2023)

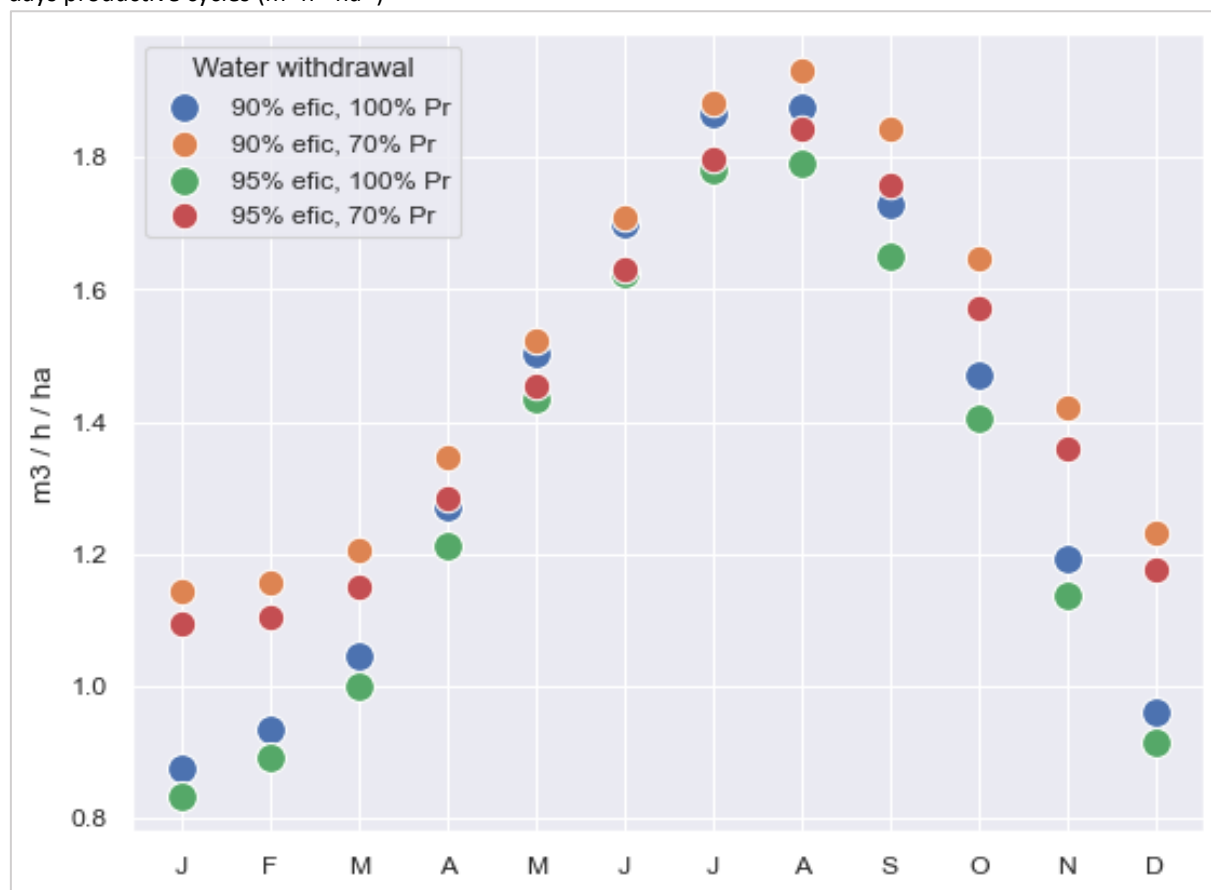


Source: Embrapa’s weather stations. Prepared by the authors. Points with labels indicate the top-5 years when the rainy and the dry seasons showed precipitation below average.

The results show that for the years 2012, 2014 and 2015, both seasons were drier than expected. In 2012, for example, in the normally dry season, it rained -75.6% (12.9 mm) than expected. For the rainy season of the same year, it rained -66.7% (111.8 mm) than the average. A higher mean temperature was observed for the rainy season of 2017 (+1.2°C), in addition to a precipitation anomaly of -61.8% (128.3 mm) for the same season/year. On the other hand, the rainiest seasons were the dry and rainy seasons of the year 2009. Dry 2009 = +237.3% (178.1 mm) – outlier not plotted, rainy 2009 = +78.7% (600.8 mm). Followed by the year 2022, when dry season 2022 = +70.1% (89.8 mm), and rainy season 2022 = +53.6% (516.5 mm). The full table with the results is in [Apêndice VIII](#).

Figure 4.6 shows the results for the technical coefficient of water use for irrigated table grapes in Petrolina, considering 120 day-cycles.

Figure 4.6. Technical coefficient of water use for irrigated table grapes in Petrolina, PE, Brazil, considering 120 days productive cycles ($\text{m}^3 \text{h}^{-1} \text{ha}^{-1}$)



Note: Prepared by authors. Database from National Water Agency (ANA) "Technical coefficients for irrigated agriculture". 90% efic = efficiency of micro sprinkler irrigation system. 95% efic = efficiency of surface drip irrigation system. 100% Pr = 100% of expected precipitation. 70% Pr = 70% of expected precipitation. Values correspond to a 120 day-cycle. E.g.: January (J) represent the pruning date in January and the value is the average need for irrigation of January, February, March and April, and so on.

Each point in Figure 4.6 represents the average value of the coefficient of water use by table grapes for a period of 4 months (120-day cycle). The cycles from May to October show the highest water demand for irrigation, regardless of the expected effective precipitation or the efficiency of the irrigation system. However, in the rainy months (November to April), the changes in the expected effective precipitation indicate that if, during those cycles, the rainfall is 30% less than expected, the coefficient of water use is higher than what is found in normal conditions. Considering the weather station data used to analyze the anomalies of precipitation and temperature in PIPs Bebedouro and Nilo Coelho (Figure 4.5),

the rainy seasons for the years 2012, 2015, 2017 and 2019 showed a negative anomaly of precipitation of at least 30%, indicating rainy periods where the exposure of the region was at its peak.

Interestingly, for the cycles that start in May, June and July, almost no difference is seen when looking at the expected precipitation. It is explained accordingly in Table 4.2, where the effective precipitation is the lowest from May to October. Thus, almost the totality of water demand is supplied by irrigation. It is also in the drier months that the efficiency of the irrigation system plays the difference, from May to August the coefficients of water use are lower for the surface drip irrigation, even considering just 70% of expected precipitation for the period.

Table 4.2. Monthly effective precipitation, water demand, and deficit of water consumption for table grapes in Petrolina ($\text{L s}^{-1} \text{ha}^{-1}$)

Month	Water demand	Effective precipitation	Deficit of consumption
Jan	0.478	0.209	0.269
Feb	0.465	0.234	0.231
Mar	0.444	0.287	0.157
Apr	0.408	0.182	0.226
May	0.375	0.046	0.329
Jun	0.363	0.017	0.346
Jul	0.387	0.004	0.383
Aug	0.460	0.000	0.460
Sep	0.531	0.002	0.529
Oct	0.560	0.046	0.514
Nov	0.537	0.145	0.392
Dec	0.503	0.191	0.312

Note: Database from Brazilian National Water Agency (ANA) "Technical coefficients for irrigated agriculture".

Table 4.3 shows the coefficient values converted from $\text{L s}^{-1} \text{ha}^{-1}$ to $\text{m}^3 \text{h}^{-1} \text{ha}^{-1}$, considering the efficiency of the irrigation system and the expected effective precipitation.

Table 4.3. Technical coefficient of water use for irrigated table grapes in Petrolina, PE, Brazil, considering 120 days productive cycles ($\text{m}^3 \text{h}^{-1} \text{ha}^{-1}$)

Month	90% efic, 100% Pr	90% efic, 70% Pr	95% efic, 100% Pr	95% efic, 70% Pr
Jan	0.874	1.145	0.834	1.093
Feb	0.934	1.156	0.891	1.103
Mar	1.047	1.205	1.000	1.151
Apr	1.271	1.345	1.213	1.284
May	1.503	1.523	1.435	1.454
Jun	1.701	1.708	1.624	1.630
Jul	1.867	1.883	1.782	1.797
Aug	1.876	1.933	1.791	1.845
Sep	1.730	1.844	1.651	1.760
Oct	1.472	1.648	1.405	1.573
Nov	1.192	1.423	1.138	1.359
Dec	0.959	1.233	0.916	1.177

Note: Database from Brazilian National Water Agency (ANA) “Technical coefficients for irrigated agriculture”.

Table 4.3 shows the values plotted in Figure 4.6. The lowest value of water use is for the cycle from January to April (Jan), assuming the 95% efficiency of the surface drip irrigation and 100% effective precipitation, which is $0.834 \text{ m}^3 \text{h}^{-1} \text{ha}^{-1}$. The highest value is $1.933 \text{ m}^3 \text{h}^{-1} \text{ha}^{-1}$, for the August to November cycle, assuming the 90% of efficiency of the micro-sprinkler irrigation and 70% expected effective precipitation.

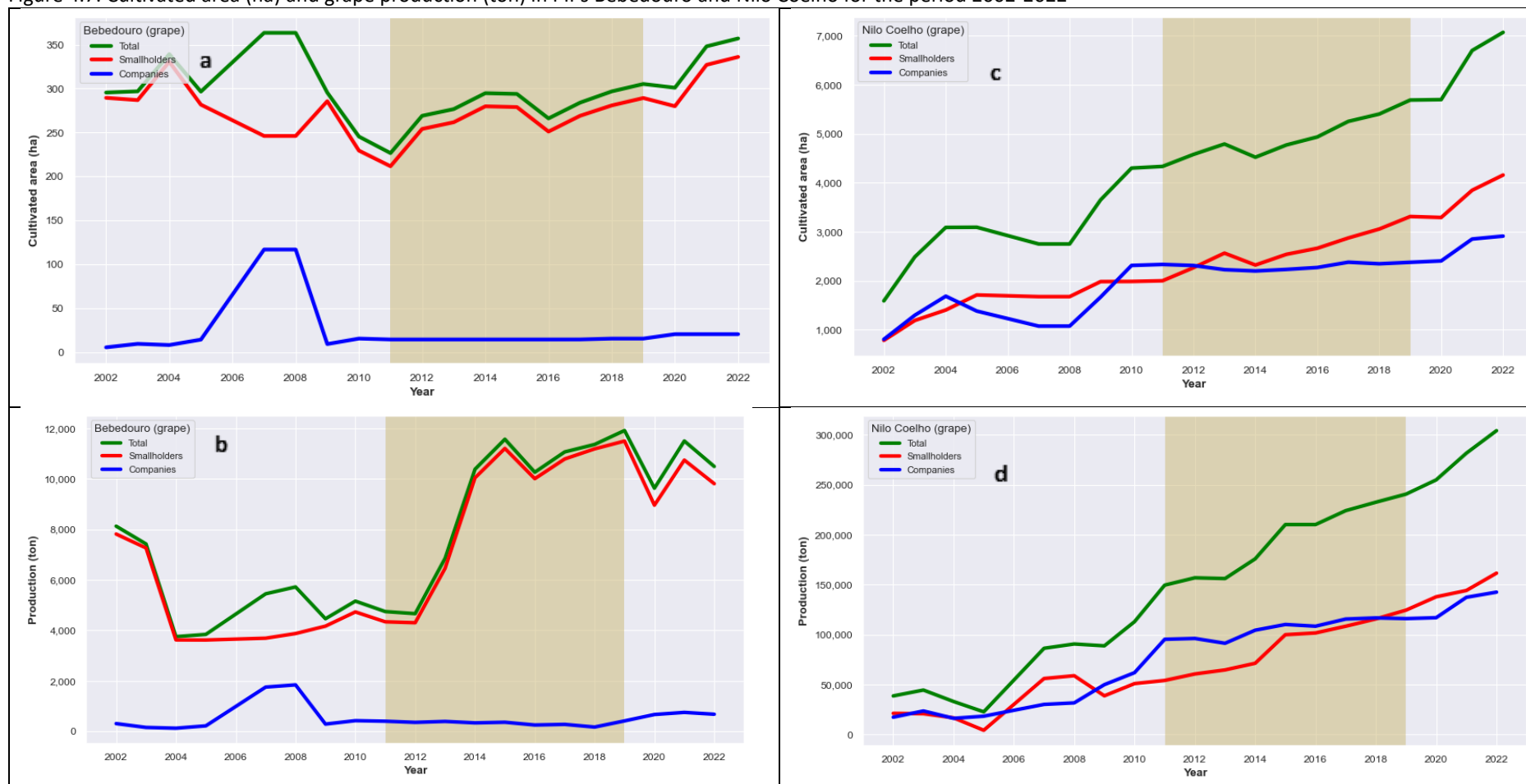
4.3.2. Sensitivity

This section presents the results for the sensitivity dimension. First, the focus of the commentaries is on the evolution of grape growing (area and production) in the PIPs Bebedouro and Nilo Coelho throughout the period from 2002 to 2022 (see Figure 4.7).

The area cultivated with grapes in PIP Bebedouro decreased by 11.1% comparing the periods 2002-2010 (314 ha average) and 2011-2019 (279 ha average). According to Figure 4.7a, the area occupied by companies remained stable throughout the whole time series, and the area occupied by smallholders presented some variability. The exception is the period 2004-2009 when the area cultivated with grapes by companies increased and the vineyards areas controlled by smallholders decreased.

Nevertheless, the grape production in the PIP Bebedouro increased by 6,906 tons from 2012 (4,665 tons) until 2015 (11,571 tons), led almost in its totality by smallholders, as demonstrated in Figure 4.7b. By comparing the averages for the periods 2002-2010 and 2011-2019, the growth rate was 70.5% (5,399 tons in 2002-2010, 9,204 tons in 2011-2019) (see Table 4.4). Concerning productivity, it increased by 84.2% comparing the periods 2002-2010 (17.5 ton/ha average) and 2011-2019 (32.3 ton/ha average), and it was pulled mainly by smallholders.

Figure 4.7. Cultivated area (ha) and grape production (ton) in PIPs Bebedouro and Nilo Coelho for the period 2002-2022



Notes: The shaded area indicates the period 2011-2019, depicted as a very dry period. Graphs: a) cultivated area by grapes in Bebedouro; b) production of grapes in Bebedouro; c) cultivated area by grapes in Nilo Coelho; d) production of grapes in Nilo Coelho. Green: total; red: smallholders; blue: companies. Data source: CODEVASF (2023b).

According to Figure 4.7c, the area occupied by vineyards in PIP Nilo Coelho kept growing from 2002 (1,590 ha) until 2022 (7,070 ha). Thus, it increased by 5,480 ha (61.6% smallholders, 38.4% companies) in 20 years. By comparing the averages for the periods 2002-2010 and 2011-2019, the growth rate was 66.2% (2,959 ha in 2002-2010, 4,919 ha in 2011-2019).

Following the increase in area, the production of grapes (Figure 4.7d) presented an expressive increase of 281,382 tons (55.9% smallholders, 44.2% companies) from 2005 to 2022. Also, the production increased by 206.6% by comparing the periods 2002-2010 (63,651 tons average) and 2011-2019 (195,156 tons average). Concerning productivity, it increased by 87.3% comparing the periods 2002-2010 (21.6 ton/ha average) and 2011-2019 (40.4 ton/ha average).

Table 4.4 shows the growth rates for both PIPs, comparing the averages for the periods of 2002-2010 and 2011-2019.

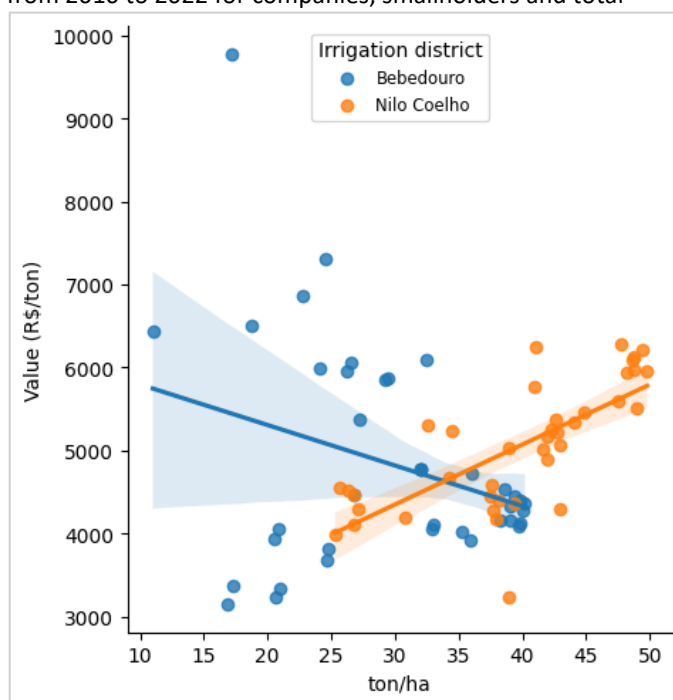
Table 4.4. Summary of growth rates for all indicators considering averages for 2002-2010 and 2011-2019

Crop	All (including grapes)				Grapes			
Local	Bebedouro		Nilo Coelho		Bebedouro		Nilo Coelho	
Area (ha)	↑	43.6%	↑	19.2%	↓	11.1%	↑	66.2%
Production (tons)	↑	59.4%	↑	46.5%	↑	70.5%	↑	206.6%
GPV (R\$)	↑	86.5%	↑	118.5%	↑	99,1%	↑	185.2%
GPV/ton	↑	12.8%	↑	50.8%	↑	10%	↓	9.9%
Productivity (ton/ha)	↑	19.4%	↑	30.2%	↑	84.3%	↑	87.3%

Note: Data from CODEVASF (2023b). Gross Production Value (GPV) (R\$ - real). The GPV values were updated according to Brazil's National Consumer Price Index (INPC) for the December 2022 database. The rates were calculated considering the averages for periods 2002-2010 (pre-drought) and 2011-2019 (drought).

Figure 4.8 presents the relationship between the indicators of productivity and the production value of grapes for both Public Irrigation Projects Bebedouro and Nilo Coelho. In the PIP Bebedouro, the plotted data show a decreasing trend in production value as productivity increases. Even though the dispersion of observations is considerable, suggesting some instability regarding those parameters.

Figure 4.8. Relationship between production value (R\$/ton) and productivity (ton/ha) of grapes in Bebedouro and Nilo Coelho from 2010 to 2022 for companies, smallholders and total

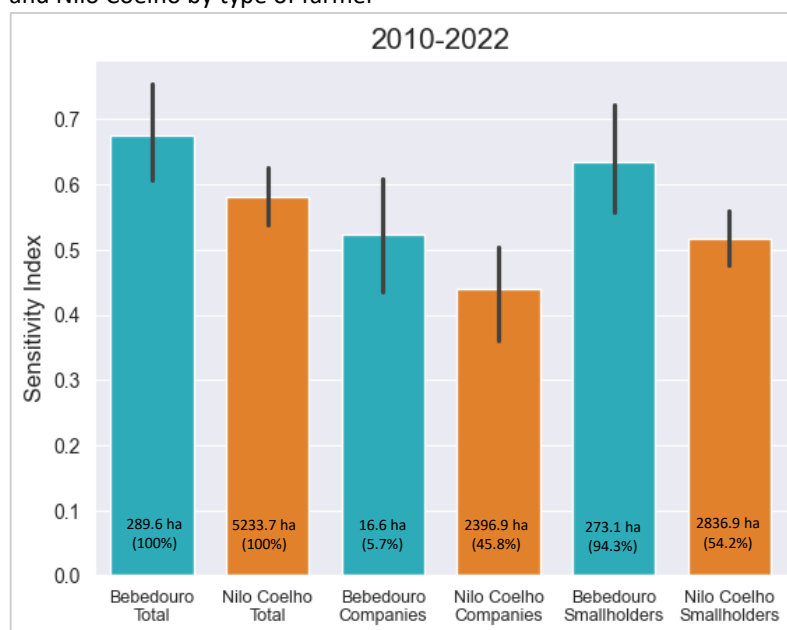


Source: CODEVASF (2023b)

On the other hand, in the PIP Nilo Coelho, the trend line shows that the years with high productivity could also mean higher production values. Nevertheless, it is important to note that the gross production value refers to the gross revenue and not to the profits. In this way, it is plausible to consider that higher productivity could also mean higher costs (labor, fertilizer, mechanization, spraying).

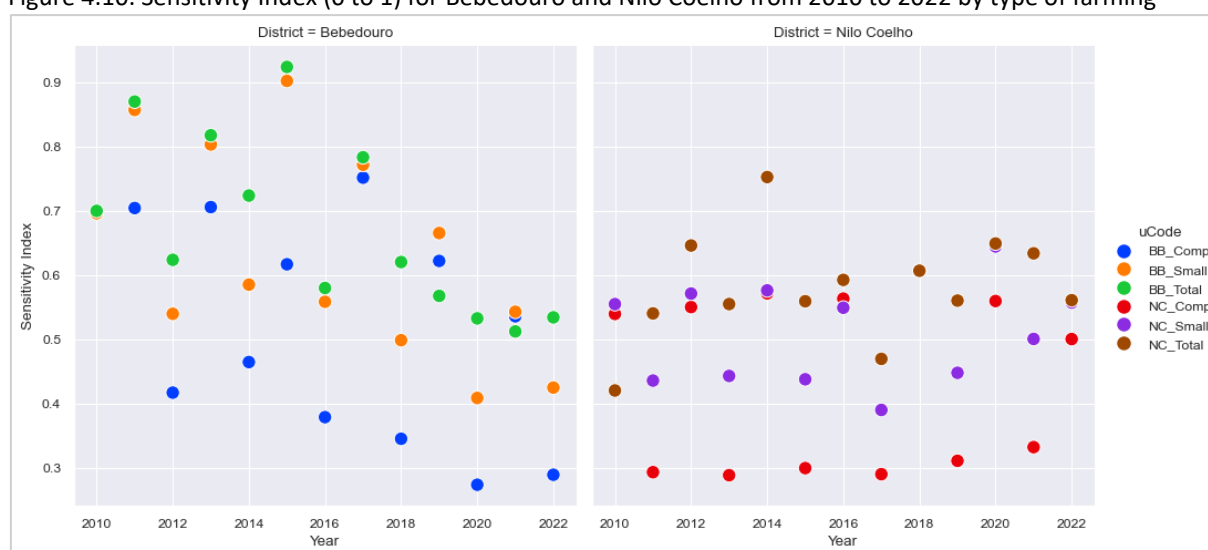
Figure 4.9 presents the Sensitivity Index (SI) stratified by PIPs and type of farming. As it was explained in [Section 2.4](#), the SI was calculated for the period 2010-2022. Therefore, it represents the SI average during the drought period (2011-2019). The average area occupied by vineyards from 2010 to 2022 in Nilo Coelho (5233.7 ha) is expressively larger than in Bebedouro (289.6). However, the proportion of area occupied by companies and smallholders is different comparing both PIPs. In Bebedouro, 94.3% of the vineyard area is occupied by smallholders. Meanwhile, in Nilo Coelho, the proportion is more symmetric, 54.2% of smallholders and 45.8% of companies.

Figure 4.9. Sensitivity Index (0 to 1) for grape growing in PIPs Bebedouro and Nilo Coelho by type of farmer



When analyzing the SI in all pairs, the sensitivity of Bebedouro is higher than Nilo Coelho. The vineyards run by companies in Nilo Coelho showed the lowest SI value (0.44), and the total SI for Bebedouro showed the highest value (0.68), mainly led by the SI of smallholders (0.63). The smallholders in Nilo Coelho also showed lower sensitivity (0.51) than those from the same category in Bebedouro. Figure 4.10 presents the evolution of SI from 2010 to 2022.

Figure 4.10. Sensitivity Index (0 to 1) for Bebedouro and Nilo Coelho from 2010 to 2022 by type of farming



Note: uCode = name of the unity of analysis; BB_Comp = Bebedouro Companies; BB_Small = Bebedouro Smallholders; BB_Total = Bebedouro Total; NC_Comp = Nilo Coelho Companies; NC_Small = Nilo Coelho Smallholders; NC_Total = Nilo Coelho Total.

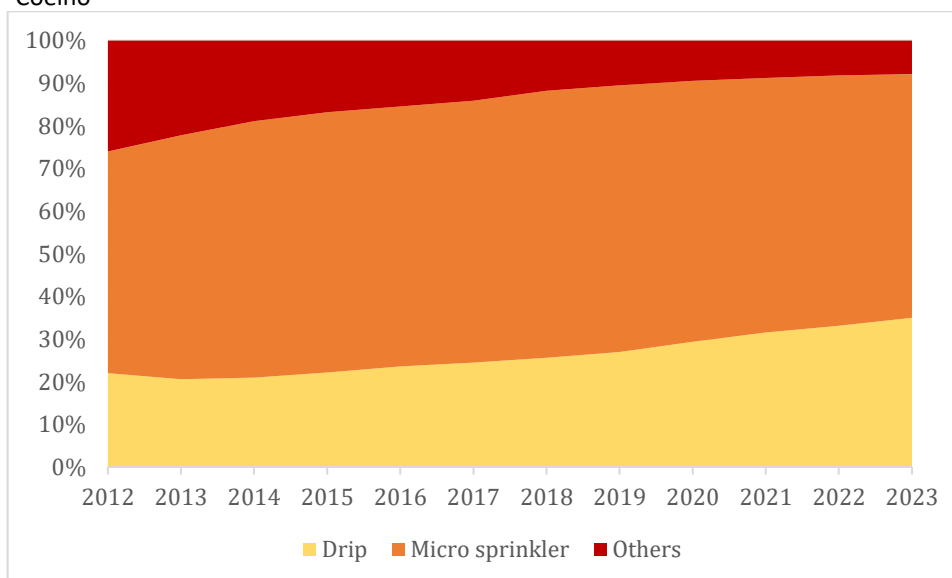
Interestingly, according to Figure 4.10, the SI evolution from 2010 to 2022 suggests a non-linearity of the index. Furthermore, the SI is lower in even years in Bebedouro and odd years in Nilo Coelho. From 2016 to 2022, the SI for all unities decreased in Bebedouro. Meanwhile, in Nilo Coelho, the SI was more stable for the same period.

4.3.3. Adaptive capacity

Based on the data described in [Section 2.5](#), the following figures (4.11 and 4.12) present the proportion of area (% of ha) by type of irrigation system. We consider the efficiency of water application according to the values specified by the National Water Agency (ANA in Portuguese) (ANA, 2019). The values are 95% for surface drip and 90% for micro-sprinkler (both localized systems), and 60% to 75% for other surface systems, like free draining.

Figure 4.11 shows the evolution of irrigation systems in PIP Nilo Coelho from 2012 to 2023.

Figure 4.11. Proportion of area (ha) by type of irrigation system (2012 to 2023) in Nilo Coelho



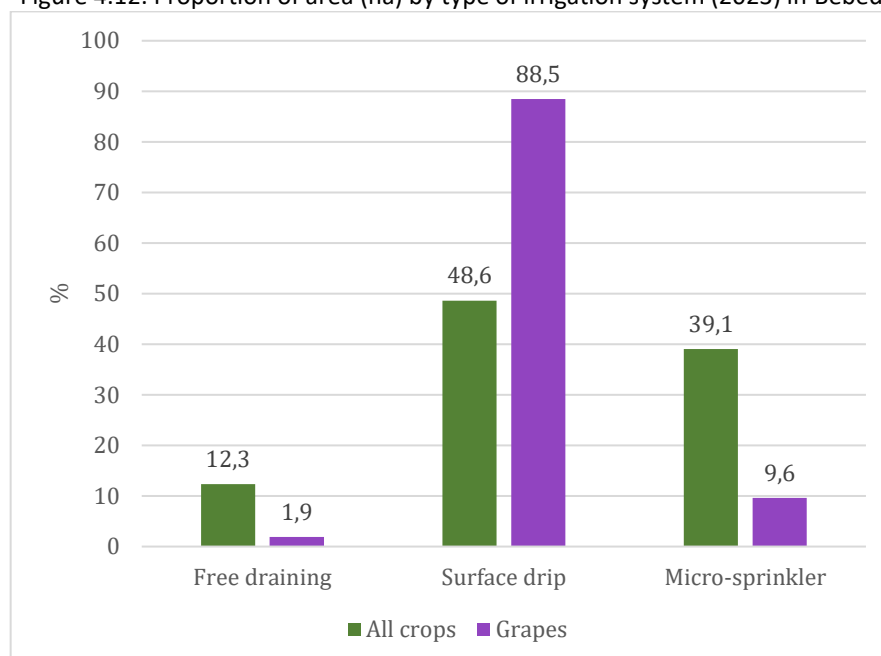
Source: Irrigation District Nilo Coelho (DINC)

The localized systems were used in 74% of the area in 2012. This value increased to 92% in 2023. The adoption of micro-sprinklers was observed in 52% of the area in 2012 and

57% in 2023. The surface drip irrigation area increased from 22% in 2012 to 35% in 2023. On the other hand, other systems decreased from 26% in 2012 to 8% in 2023. The data for Nilo Coelho does not enable the analysis of the adoption of irrigation systems by crop. Thus, it is not possible to assess how it evolved in grape growing. Nevertheless, according to local actors, the localized systems are used in almost all vineyards.

Figure 4.12 presents the proportion of area (ha) occupied by surface drip, micro-sprinklers and free draining in PIP Bebedouro. For all crops and viticulture, corresponding to the year 2023.

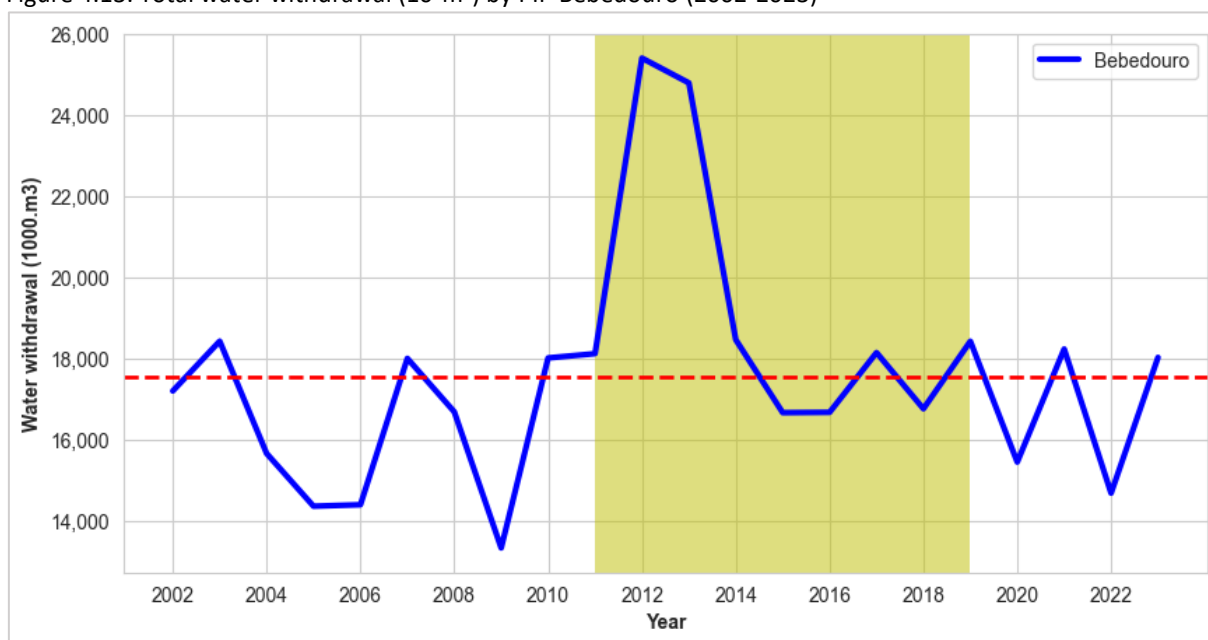
Figure 4.12. Proportion of area (ha) by type of irrigation system (2023) in Bebedouro



Source: Irrigation District Bebedouro (DIB)

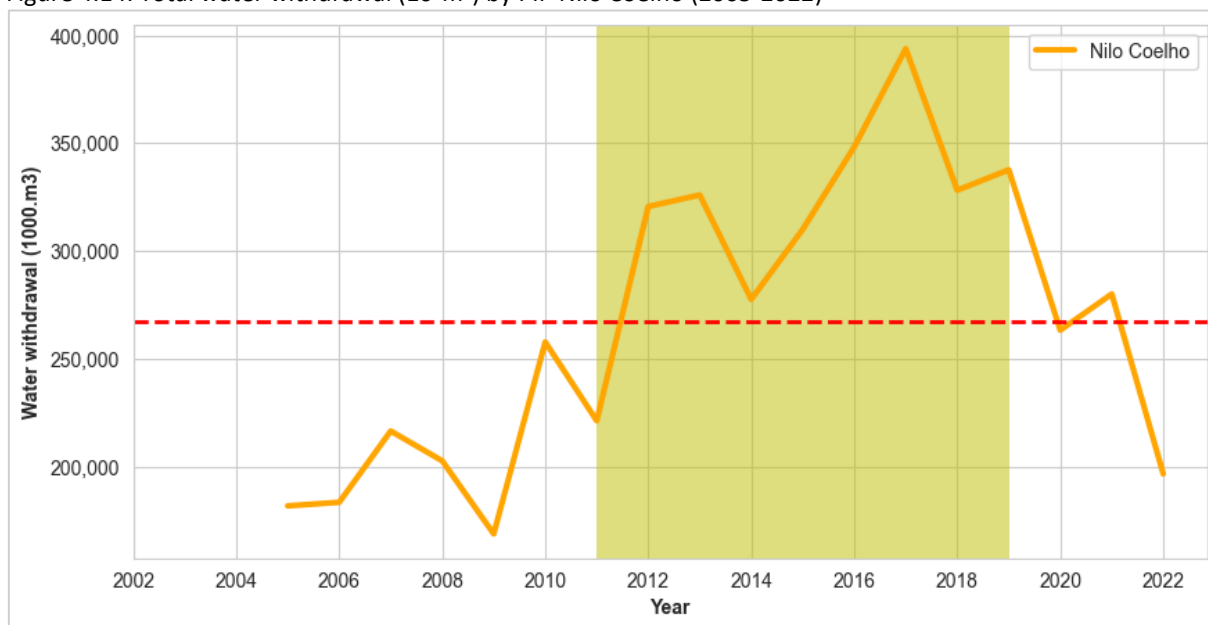
According to Figure 12, 88.5% of the area destined for grape production uses surface drip irrigation and 9.6% have micro-sprinklers installed.

Figures 4.13 and 14 present the total water withdrawal (10^3m^3) from the São Francisco River by PIPs Bebedouro and Nilo Coelho. It is important to recall that these data represent the volume of water pumped from the river and not the right volume delivered to water users within the irrigation districts. This water is used to irrigate crops and also for domestic consumption.

Figure 4.13. Total water withdrawal (10^3m^3) by PIP Bebedouro (2002-2023)

Source: Irrigation District Bebedouro (DIB). The yellow shaded area indicates the period 2011-2019, depicted as a very dry period. The red dashed line represents the average of the time series (17,540.8 thousand m^3)

The peak of the time series was the year 2012 when the water withdrawal by PIP Bebedouro was 25,411 thousand m^3 . It remained high in 2013 and returned to average levels in 2014. Figure 4.14 presents the total water withdrawal (10^3m^3) from the São Francisco River by PIP Nilo Coelho.

Figure 4.14. Total water withdrawal (10^3m^3) by PIP Nilo Coelho (2005-2022)

Source: Irrigation District Nilo Coelho (DINC). The yellow shaded area indicates the period 2011-2019, depicted as a very dry period. The red dashed line represents the average of the time series (267,466.1 thousand m^3)

In Nilo Coelho, the peak was in 2017, when the water withdrawal reached 348,295 thousand m³. For the whole period from 2012 to 2019, the water withdrawal was above average.

4.4. Discussion

Concerning the exposure dimension, we raise two points. The first one regards the Sobradinho Reservoir, which reached its lowest volumes during the drought period from 2011 to 2019, reaching 1% to 2% in late 2015 and 2% to 3% in late 2017. As the reservoir stores the upstream water of São Francisco River, the recoil of the lake's surface during the period concerns the decrease of basin water flow in other regions and also the decrease of precipitation in the São Francisco River Valley, indicating the range and severity of the drought phenomenon. In a study about the Sobradinho Reservoir, Martins et al. (2019) observed that during the same period, the cumulative precipitation was below the long-term average during December 2014, 2015, and 2016, causing water shortage in the catchment area, especially in rainy months. Despite the institutional campaign aiming for the reduction of water withdrawal for agriculture, it seemed not to have affected the expansion of area by crops and the total production in the PIPs, as discussed in the sequence. The second point concerns the need for water for irrigation represented by the technical coefficients. The results indicate an intra-annual variability, being the cycles that start in the drier months being more exposed to water needs. The end of some of those periods coincides with the preferable export window for table grapes, from September to November (Maia et al, 2018). It suggests that the more profitable commercialization periods could be the ones in which the vineyards need more water for irrigation.

The working hypothesis in this study argued that the prolonged period of drought from 2011 to 2019 affected the socio-climatic vulnerability of irrigated viticulture unequally, being accentuated among small producers compared to the viticulture run by companies. As the dimensions were analyzed separately, what we can affirm is that the uneven impacts were verified for the sensitivity dimension. In general, the PIP Bebedouro was more sensible during the period from 2010 to 2022 than the PIP Nilo Coelho. As the oldest PIP in the region,

Bebedouro has gone through changes in the last decades. Previous studies appointed that access to water by itself is not sufficient for the success of irrigated agriculture in Public Irrigation Projects, reinforcing the importance of organization among producers (Castro, 2018). The PIP Bebedouro is mostly occupied by smallholders and began as a test for other crops and types of irrigation systems until it arrived in the current condition of fruit producers equipped with localized irrigation systems. In our analysis, the smallholders show a Sensitivity Index (SI) higher than companies. The same is observed in Nilo Coelho, where smallholders present a higher SI than companies. But in this PIP, smallholders and companies occupy a similar proportion of the area. It was observed some non-linearity in the evolution of SI from 2010 to 2022 in both PIPs. It could be attributed to the normalization method (Mazziotta and Pareto, 2022). Therefore, as the SI value is dimensionless one cannot say that a SI of 0.6 is three times more sensitive than a SI of 0.2.

In Nilo Coelho, the vineyard area and production increased during the drought period. This movement was accompanied by the increase in water withdrawal by the PIP during the period, reaching its peak in 2017. On the other hand, in Bebedouro the area of vineyards decreased, but productivity increased more than 80% on average in the period 2011-2019, compared to the previous decade. The same was observed for Nilo Coelho. The results corroborate with the study of Yamashita and Hata (2021), analyzing the countermeasures of PIP Nilo Coelho against the water shortage in the same period, they found that the water intake increased during the drought, thus indicating that the PIP infrastructure kept supplying the water demand by crops without damaging for producers.

Concerning the adaptive capacity, both PIPs seem to adopt efficient irrigation systems. In Bebedouro, more than 90% of vineyards apply localized systems, and surface drip leads the choices. For Nilo Coelho we do not have data on grape growing, but the overall adoption of irrigation technologies also appoints to the preference for localized systems.

Previous studies already highlighted the importance of adopting localized systems like surface drip and micro-sprinklers, not for just a matter of water resources management, but also to improve the quality of table and wine grapes (Medrano et al., 2015, Permanhani et al., 2016). Nevertheless, our results indicate that even facing a water scarcity context, it has not constrained the implantation of new areas of vineyards, which are dependent on the

water from São Francisco River. Somehow, the public irrigation projects attracted new investments as they offer a consolidated structure that overcomes drought issues. It would have generated a scenario explained by Jevon's Paradox when the high efficiency of the system causes a rebound effect. Thus, natural resources are not conserved but depleted, whether for the possibility of producing more with less - not considering environmental costs, or by choosing more intensive crops, like fruit production (Ilyas et al., 2021, Sears et al., 2018).

It raises some well-known questions that appear now and then in vulnerability studies: How to assess the overall vulnerability of the system when it does not seem vulnerable? Should we treat this as a robust or a resilient system? What would take an already adapted system to adopt more efficient irrigation practices considering future challenges like climate change?

4.5. Conclusions

This study used a mixed methods approach to approximate to socio-climatic vulnerability of table grape growing to drought in the Public Irrigation Projects Bebedouro and Nilo Coelho, located in the São Francisco River Valley.

The results show that although exposed to below-average precipitation in the period from 2011 to 2019, which caused a water shortage in the Sobradinho Reservoir, the impact was not observed in the PIPs. Overall, the productivity and the production value increased during the drought. However, within the PIPs, the Sensitivity Index indicated that Bebedouro was more sensitive than Nilo Coelho in productivity and production value. Furthermore, vineyards run by smallholders were more sensitive than companies.

The adoption of localized irrigation systems like surface drip and micro-sprinklers is widespread in the locations, which means that grape growers use efficient systems of water application. Through the analysis framework of the study, the indication is that the table grape growing inside PIPs is not vulnerable to drought periods. As an interviewer mentioned in Chapter 3: *"That's why the crops are here, on the banks of the São Francisco River."*

We assume that the operationalization of the vulnerability concept employing a quantitative approach has some limitations. The focus on a “green oasis” in the middle of a well-known semi-arid region, somehow has biased the analysis to find a non-vulnerable spot. However, by working on such data it was possible to evidence the paradox that exists in the SFRV, where grapes and other crops intensive in water needs still growing despite warnings related to the decrease in precipitation and increase in temperature by the end of this century.

References

- Adger, W.N., 2006. Vulnerability. *Global Environmental Change, Resilience, Vulnerability, and Adaptation: A Cross-Cutting Theme of the International Human Dimensions Programme on Global Environmental Change* 16, 268–281. <https://doi.org/10.1016/j.gloenvcha.2006.02.006>
- Alvares, C.A., Stape, J.L., Sentelhas, P.C., Gonçalves, J.L. de M., Sparovek, G., 2013. Koppen’s climate classification map for Brazil. *Meteorologische Zeitschrift* 22, 711–728.
- ANA. 2014. Resolução nº 680 de 30 de abril de 2014. Available at: <https://www.gov.br/ana/pt-br/legislacao/resolucoes/resolucoes-regulatorias/2014/680>. Accessed on: 22nd July 2024.
- ANA, 2019a. Coeficientes técnicos de uso da água para a agricultura irrigada. Agência Nacional de Águas, Brasília-DF.
- ANA, 2019b. Manual de usos consuntivos da água no Brasil. Agência Nacional de Águas, Brasília-DF.
- ANA. 2024. Coeficientes técnicos para agricultura irrigada (painel). Available at: <https://app.powerbi.com/view?r=eyJrJoiYWMDNDMzMmYtNTYxZC00ZThjLWlYyYjctM2NmYjZTQxOWI3IiwidCI6ImUwYmI0MDEyLTgxMGItNDY5YS04YjRkLTkyN2ZjZDFiYWY4OCJ9>. Accessed on: 12 August 2024.
- Ara Begum, R., R. Lempert, E. Ali, T.A. Benjaminsen, T. Bernauer, W. Cramer, X. Cui, K. Mach, G. Nagy, N.C. Stenseth, R. Sukumar, and P. Wester, 2022: Point of Departure and Key Concepts. 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. 121–196, doi:10.1017/9781009325844.003.
- Armstrong, A., Hope, R., Munday, C., 2021. Monitoring socio-climatic interactions to prioritise drinking water interventions in rural Africa. *npj Clean Water* 4, 1–3. <https://doi.org/10.1038/s41545-021-00102-9>
- Bouroncle, C., Imbach, P., Rodríguez-Sánchez, B., Medellín, C., Martínez-Valle, A., Läderach, P., 2017. Mapping climate change adaptive capacity and vulnerability of smallholder

- agricultural livelihoods in Central America: ranking and descriptive approaches to support adaptation strategies. *Clim. Change* 141, 123–137.
<https://doi.org/10.1007/s10584-016-1792-0>
- Becker, W., Caperna, G., Sorbo, M.D., Norlén, H., Papadimitriou, E., Saisana, M., 2022. COINr: An R package for developing composite indicators. *Journal of Open Source Software* 7, 4567. <https://doi.org/10.21105/joss.04567>
- Braga, B.P.F., Filho, J.G.C.G., von Borstel Sugai, M.R., da Costa, S.V., Rodrigues, V., 2012. Impacts of Sobradinho Dam, Brazil, in: Tortajada, C., Altinbilek, D., Biswas, A.K. (Eds.), *Impacts of Large Dams: A Global Assessment*. Springer, Berlin, Heidelberg, pp. 153–170.
https://doi.org/10.1007/978-3-642-23571-9_7
- Brito, S. S. B. et al. Frequency, duration and severity of drought in the Semiarid Northeast Brazil region. **International Journal of Climatology**, v. 38, n. 2, p. 517–529, 2017.
- Carbonneau, A. Tropical viticulture: specificities and challenges for a quality viticulture. **Acta Horticulturae**, v. 910, p. 15-34, 2011.
- Caretta, M.A., A. Mukherji, M. Arfanuzzaman, R.A. Betts, A. Gelfan, Y. Hirabayashi, T.K. Lissner, J. Liu, E. Lopez Gunn, R. Morgan, S. Mwanga, and S. Supratid, 2022: Water. 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. Alegria, M. Craig, S. Langsdorf, S. Löschke, V. Möller, A. Okem, B. Rama (eds.)]. Cambridge University Press, Cambridge, UK and New York, NY, USA, pp. 551–712, doi:10.1017/9781009325844.006.
- Carvalho, A.P.P., Lorandi, R., Collares, E.G., Di Lollo, J.A., Moschini, L.E., 2021. Potential water demand from the agricultural sector in hydrographic sub-basins in the southeast of the state of São Paulo-Brazil. *Agriculture, Ecosystems & Environment* 319, 107508.
<https://doi.org/10.1016/j.agee.2021.107508>
- Castro, C.N., 2018. Sobre a agricultura irrigada no semiárido: uma análise histórica e atual de diferentes opções de política (Texto para discussão No. 2369). Ipea.
- Castro, L.T., Neves, M.F., Nakatani, J.K. Modelos organizacionais para parcerias público-privadas na irrigação pública no Brasil. *Revista de Administração*, v. 48, n. 2, p. 268-280, 2013.
- Challinor, A., Wheeler, T., Garforth, C., Craufurd, P., Kassam, A., 2007. Assessing the vulnerability of food crop systems in Africa to climate change. *Climatic Change* 83, 381–399. <https://doi.org/10.1007/s10584-007-9249-0>
- CODEVASF, 2023a. Projetos Públicos de Irrigação. Available at:
<https://www.codevasf.gov.br/linhas-de-negocios/agricultura-irrigada/projetos-de-irrigacao>. Access on: 12 December 2023.

- CODEVASF, 2023b. Dados Projetos Públicos de Irrigação Bebedouro e Nilo Coelho (2002-2022).
- COMEXSTAT. Exportação e Importação Geral – NCM 08061000 Uvas Frescas. Comércio Exterior do Brasil, 2023. Available at: <http://comexstat.mdic.gov.br/pt/home>. Access on May 2023.
- Conceição, M.A.F., Tonietto, J., Souza, R.T.D., 2018. Climatic water indices for viticulture. *Pesq. agropec. bras.* 53, 765–768. <https://doi.org/10.1590/s0100-204x2018000600013>
- Cunha, A. P. M. A. et al. Extreme drought events over Brazil from 2011 to 2019. *Atmosphere*, v. 10, n. 11, 2019.
- Cutter, S.L., 2003. The Vulnerability of Science and the Science of Vulnerability. *Annals of the Association of American Geographers* 93, 1–12. <https://doi.org/10.1111/1467-8306.93101>
- de Moura, M. S. B.; Sobrinho, J. E.; Da Silva, T. G. F. Aspectos meteorológicos do semiárido brasileiro. In: Ximenes, L. F.; Da Silva, M. S. L.; Britto, L. T. de L. (Eds.). *Tecnologias de Convivência com o Semiárido Brasileiro*. Fortaleza: Banco do Nordeste, 2019. p. 85–104
- Dantas, L.G.; dos Santos, C.A.C.; Santos, C.A.G.; Martins, E.S.P.R.; Alves, L.M. Future Changes in Temperature and Precipitation over Northeastern Brazil by CMIP6 Model. *Water* 2022, 14, 4118. <https://doi.org/10.3390/w14244118>
- DIB. Plano Operativo Anual 2021. Distrito de Irrigação Bebedouro. Available at: <https://www.codevasf.gov.br/linhas-de-negocio/irrigacao/projetos-publicos-de-irrigacao/elenco-de-projetos/em-producao/bebedouro>. Access on 4 May 2023.
- DIB, 2024. UVA DIB - Resultados preliminares e requisição (Available on request).
- DINC. Plano Operativo Anual 2021. Distrito de Irrigação Nilo Coelho. Available at: <https://www.codevasf.gov.br/linhas-de-negocio/irrigacao/projetos-publicos-de-irrigacao/elenco-de-projetos/em-producao/senador-nilo-coelho>. Access on 4 May 2023.
- DINC. Distrito de Irrigação Nilo Coelho – Gestão à vista. Available at: <https://www.dinc.org.br/gestao-a-vista-2/>. Access on 5th August 2024.
- Dobkowitz, S., Walz, A., Baroni, G., 2020. Cross-Scale Vulnerability Assessment for Smallholder Farming: A Case Study from the Northeast of Brazil. *Sustainability* 12, 1–24. <https://doi.org/doi:10.3390/su12093787>
- EMBRAPA. Observatório do Mercado de Uva da Embrapa Semiárido. Embrapa Semiárido, 2022. Available at: <https://observatoriosdemercado.github.io/uva/2022/pam/>. Access on: 02 May 2023.

- Enenkel, M., Brown, M.E., Vogt, J. V., McCarty, J.L., Reid Bell, A., Guha-Sapir, D., Dorigo, W., Vasilaky, K., Svoboda, M., Bonifacio, R., Anderson, M., Funk, C., Osgood, D., Hain, C., Vinck, P., 2020. Why predict climate hazards if we need to understand impacts? Putting humans back into the drought equation. *Clim. Change* 162, 1161–1176. <https://doi.org/10.1007/s10584-020-02878-0>
- Folha de Pernambuco. Dia do Rio é prorrogado até 31 de julho – maio/2018. Available at: <https://web.archive.org/web/20240806135022/https%3A%2F%2Fwww.folhape.com.br%2Feconomia%2Fdias-do-rio-e-prorrogado-ate-31-de-julho%2F67611%2F>. Access on: 6th August 2024.
- Fritzsche, K., Schneiderbauer, S., Bubeck, P., Kienberger, S., Buth, M., Zebisch, M., Kahlenborn, W., 2014. The vulnerability sourcebook: Concept and guidelines for standardised vulnerability assessments, Federal Ministry for Economic Cooperation and Development. Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit - GIZ, Bonn, Germany.
- Gan, X., Fernandez, I.C., Guo, J., Wilson, M., Zhao, Y., Zhou, B., Wu, J., 2017. When to use what: Methods for weighting and aggregating sustainability indicators. *Ecological Indicators* 81, 491–502. <https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2017.05.068>
- Greco, S., Ishizaka, A., Tasiou, M., Torrisi, G., 2019. On the Methodological Framework of Composite Indices: A Review of the Issues of Weighting, Aggregation, and Robustness. *Soc Indic Res* 141, 61–94. <https://doi.org/10.1007/s11205-017-1832-9>
- Guo, H., Chen, J., Pan, C., 2021. Assessment on agricultural drought vulnerability and spatial heterogeneity study in china. *Int. J. Environ. Res. Public Health* 18. <https://doi.org/10.3390/ijerph18094449>
- Hahn, M.B., Riederer, A.M., Foster, S.O., 2009. The Livelihood Vulnerability Index: A pragmatic approach to assessing risks from climate variability and change-A case study in Mozambique. *Glob. Environ. Chang.* 19, 74–88. <https://doi.org/10.1016/j.gloenvcha.2008.11.002>
- IBGE. Pesquisa Agrícola Municipal – Tabela 1613: Uva (todos os anos). Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, 2023. Available at: <https://sidra.ibge.gov.br/tabela/1613>. Access on 2 May 2023.
- Ilyas, A., Manzoor, T., Muhammad, A., 2021. A Dynamic Socio-Hydrological Model of the Irrigation Efficiency Paradox. *Water Resources Research* 57, e2021WR029783. <https://doi.org/10.1029/2021WR029783>
- Luers, A.L., Lobell, D.B., Sklar, L.S., Addams, C.L., Matson, P.A., 2003. A method for quantifying vulnerability, applied to the agricultural system of the Yaqui Valley, Mexico. *Glob. Environ. Chang.* 13, 255–267. [https://doi.org/10.1016/S0959-3780\(03\)00054-2](https://doi.org/10.1016/S0959-3780(03)00054-2)
- Maia, J.D.G., Ritschel, P., Lazzarotto, J.J., 2018. A viticultura de mesa no Brasil - Produção para o mercado nacional e internacional. *Territoires du Vin* 9, 1–9.

- Marandola Jr., E. Habitar em risco: mobilidade e vulnerabilidade na experiência metropolitana. 1. ed. São Paulo: Blucher, 2014.
- Marandola Jr., E., D'Antona, Á. de O., 2014. Vulnerabilidade: problematizando e operacionalizando o conceito, in: Carmo, R.L. do, Valencio, N. (Eds.), *Segurança Humana No Contexto Dos Desastres*. RiMa, São Carlos, pp. 45–61.
- Marengo, J. A.; Torres, R. R.; Alves, L. M. Drought in Northeast Brazil—past, present, and future. **Theoretical and Applied Climatology**, v. 129, n. 3–4, p. 1189–1200, 2017.
- Marengo, J.A., Alves, L.M., Alvala, R.C.S., Cunha, A.P., Brito, S., Moraes, O.L.L., 2018. Climatic characteristics of the 2010-2016 drought in the semiarid northeast Brazil region. *An. Acad. Bras. Cienc.* 90, 1973–1985. <https://doi.org/10.1590/0001-3765201720170206>
- Martins, V.S., Kaleita, A., Barbosa, C.C.F., Fassoni-Andrade, A.C., Lobo, F. de L., Novo, E.M.L.M., 2019. Remote sensing of large reservoir in the drought years: Implications on surface water change and turbidity variability of Sobradinho reservoir (Northeast Brazil). *Remote Sensing Applications: Society and Environment* 13, 275–288. <https://doi.org/10.1016/j.rsase.2018.11.006>
- Mazziotta, M., Pareto, A., 2022. Normalization methods for spatio-temporal analysis of environmental performance: Revisiting the Min–Max method. *Environmetrics* 33, e2730. <https://doi.org/10.1002/env.2730>
- Medrano, H., Tomás, M., Martorell, S., Escalona, J.-M., Pou, A., Fuentes, S., Flexas, J., Bota, J., 2015. Improving water use efficiency of vineyards in semi-arid regions. A review. *Agron. Sustain. Dev.* 35, 499–517. <https://doi.org/10.1007/s13593-014-0280-z>
- Nyairo, R., Machimura, T., Matsui, T., 2020. A combined analysis of sociological and farm management factors affecting household livelihood vulnerability to climate change in rural Burundi. *Sustain.* 12. <https://doi.org/10.3390/su12104296>
- OECD, European Union, Joint Research Centre - European Commission, 2008. Handbook on Constructing Composite Indicators: Methodology and User Guide. OECD. <https://doi.org/10.1787/9789264043466-en>
- OIV. Annual Assessment of the World Vine and Wine Sector in 2021. International Organisation of Vine and Wine, 2021. Available at: <https://www.oiv.int/what-we-do/statistics>. Access on 2 May 2023.
- OIV. Country statistics – Brazil year 2021. Organisation of Vine and Wine, 2023. Available at: <https://www.oiv.int/what-we-do/statistics>. Access on 2 May 2023.
- Ortega, A. C., Sobel, T. F. Desenvolvimento Territorial e Perímetros Irrigados: avaliação das políticas governamentais implantadas nos Perímetros Irrigados Bebedouro e Nilo Coelho em Petrolina (PE). *Planejamento e Políticas Públicas*, n. 35, p. 88–118, 2010.

- Pahker, A.-K., Kanger, L., Tinitis, P., 2024. Where is the deep sustainability turn most likely to emerge? An Industrial Modernity Index. *Technological Forecasting and Social Change* 201, 123227. <https://doi.org/10.1016/j.techfore.2024.123227>
- Permanhani, M., Costa, J.M., Conceição, M.A.F., De Souza, R.T., Vasconcellos, M.A.S., Chaves, M.M., 2016. Deficit irrigation in table grape: eco-physiological basis and potential use to save water and improve quality. *Theor. Exp. Plant Physiol.* 28, 85–108. <https://doi.org/10.1007/s40626-016-0063-9>
- Reis, G.D.A., Assis, F., Filho, D.S., Nelson, D.R., Rocha, R.V., Maria, S., 2020. Development of a drought vulnerability index using MCDM and GIS : study case in São Paulo and Ceará , Brazil. *Nat. Hazards* 104, 1781–1799. <https://doi.org/10.1007/s11069-020-04247-7>
- Romero, P., Navarro, J.M., Ordaz, P.B., 2022. Towards a sustainable viticulture: The combination of deficit irrigation strategies and agroecological practices in Mediterranean vineyards. A review and update. *Agricultural Water Management* 259, 107216. <https://doi.org/10.1016/j.agwat.2021.107216>
- Saisana, M., Philippas, D., 2012. Sustainable society index (SSI): taking societies' pulse along social, environmental and economic issues (EUR 25578). European Commission/Joint Research Centre Publications Office, Luxembourg.
- Schwartz, S.W., 2019. Measuring Vulnerability and Deferring Responsibility: Quantifying the Anthropocene. *Theory, Cult. Soc.* 36, 73–93. <https://doi.org/10.1177/0263276418820961>
- Sears, L., Caparelli, J., Lee, C., Pan, D., Strandberg, G., Vuu, L., Lin Lawell, C.-Y., 2018. Jevons' Paradox and Efficient Irrigation Technology. *Sustainability* 10, 1590. <https://doi.org/10.3390/su10051590>
- Svoboda, M., Fuchs, F., 2016. Handbook of Drought Indicators and Indices (No. WMO-No. 1173). World Meteorological Organization (WMO) and Global Water Partnership (GWP).
- Teixeira, A.H.D.C., Tonietto, J., Pereira, G.E., Angelotti, F., 2012. Delimitação da aptidão agroclimática para videira sob irrigação no Nordeste Brasileiro. *Rev. bras. eng. agríc. ambient.* 16, 399–407. <https://doi.org/10.1590/S1415-43662012000400010>
- Tonietto, J., Carbonneau, A., 2004. A multicriteria climatic classification system for grape-growing regions worldwide. *Agricultural and Forest Meteorology* 124, 81–97. <https://doi.org/10.1016/j.agrformet.2003.06.001>
- Torres, R.R., Lapola, D.M., Marengo, J.A., Lombardo, M.A., 2012. Socio-climatic hotspots in Brazil. *Climatic Change* 115, 597–609. <https://doi.org/10.1007/s10584-012-0461-1>
- van Leeuwen, C., Sgubin, G., Bois, B., Ollat, N., Swingedouw, D., Zito, S., Gambetta, G.A., 2024. Climate change impacts and adaptations of wine production. *Nat Rev Earth Environ* 5, 258–275. <https://doi.org/10.1038/s43017-024-00521-5>

- Vieira, R.M. da S.P., Sestini, M.F., Tomasella, J., Marchezini, V., Pereira, G.R., Barbosa, A.A., Santos, F.C., Rodriguez, D.A., do Nascimento, F.R., Santana, M.O., Barreto Campello, F.C., Ometto, J.P.H.B., 2020. Characterizing spatio-temporal patterns of social vulnerability to droughts, degradation and desertification in the Brazilian northeast. *Environ. Sustain. Indic.* 5, 1–9. <https://doi.org/10.1016/j.indic.2019.100016>
- Yamashita, A., Hata, T., 2021. Sustainability of Irrigation Fruit Farming in Terms of Water Supply-demand Situation: Case Study of the Middle Basin of São Francisco River, Northeast Brazil. *Geog. Rev. Japan B* 94, 1–17. <https://doi.org/10.4157/geogrevjapanb.94>.

CAPÍTULO 5 – FUNDEAR



Mandacaru e vinhedo ao fundo. Projeto Público de Irrigação Nilo Coelho, Petrolina, Pernambuco. Registro feito pelo autor durante pesquisa de campo realizada em agosto de 2023.

5.1. Considerações finais

Ao fim, deve estar mais claro de que a produção de uvas de mesa nos Projetos Públicos de Irrigação (PPIs) Bebedouro e Nilo Coelho, que está sob escrutínio nesta tese, não é vulnerável ou vulnerabilizada. Ao menos não na condição em que se encontrou na grande seca de 2011 a 2019 e nas condições em que se encontra no momento da escrita destas considerações finais. Como fruto das observações extraídas de bases de dados, entrevistas e visitas a campo, é possível afirmar que houve uma condição climática anômala de seca que pode ter gerado fissuras sociais e ambientais e, portanto, ter expressado uma condição de vulnerabilidade maior do que a capacidade individual e coletiva de reduzir a materialização dos riscos, causando impactos negativos na região de Petrolina. Em um estudo no semiárido baiano, São José et al. (2023) evidenciaram a alta vulnerabilidade agrícola da região à seca. No entanto, diferente das evidências angariadas por esses pesquisadores em uma região próxima à área do estudo que esta tese empreendeu, os indicadores de vulnerabilidade utilizados sugerem que, para quem esteve guarnecido pela infraestrutura dos PPIs, a condição enfrentada foi outra - praticamente oposta. A própria implementação dos PPIs no Vale do São Francisco, desde o final da década de 1960, é justificada pelas inerentes condições climáticas adversas ao cultivo de espécies de plantas exóticas, como a videira e outras frutíferas. É, portanto, uma política planejada e executada para fazer vicejar e prosperar um sertão ainda lembrado pela miséria e pela fome.

Dessa forma, em vários momentos da construção e execução desta tese - desde a apreensão do problema, passando pela escolha dos métodos e ferramentas de análise -, operacionalizar o conceito de robustez agrícola em alternativa à vulnerabilidade socioclimática pareceu mais atrativo para analisar e comunicar os resultados obtidos. Afinal, um sistema robusto pode também ser entendido como um sistema pouco ou não-vulnerável (Goede et al., 2013). Ou, ainda, apenas para mencionar outro conceito correlato e muito debatido: um sistema pouco ou não-vulnerável pode também ser entendido como um sistema resiliente (Adger, 2000). Contudo, optou-se pela manutenção da operacionalização do conceito de vulnerabilidade como um recurso analítico modulável e que, a depender dos indicadores de entrada, é capaz de identificar e dimensionar como os processos biofísicos e socioeconômicos modificam os níveis de estabilidade de um sistema. Desse modo, ao

comunicarmos que um sistema é pouco vulnerável ou apresenta um baixo grau de vulnerabilidade, é preciso considerar que esse sistema pode estar sendo comparado com outros no mesmo nível espacial ou a ele mesmo ao longo do tempo. Portanto, trata-se de uma ferramenta útil de monitoramento de riscos climáticos que considera dinâmicas sociais que visam lidar com esses riscos ou que se mostram insuficientes em fazê-lo a depender do caso.

Na [Seção 2.1 do Capítulo 2](#), é apresentada a abordagem teórica por trás do conceito de vulnerabilidade socioclimática. Na figura/esquema que ilustra a vulnerabilidade “como um processo” - portanto, a vulnerabilidade como um estado condicionado por e condicionante de interações sociais e ambientais -, as três dimensões comumente mobilizadas são motivadas por perguntas objetivas, que seguem:

Exposição: *Qual a extensão e duração dos problemas/distúrbios?*

No caso de Petrolina, os indicadores analisados corroboram estudos prévios que constatarem um período de seca que se estendeu de 2011 a 2019 na região. Os dados do Operador Nacional do Sistema Elétrico (ONS) mostraram que de 2015 a 2020, o volume útil do reservatório de Sobradinho ficou abaixo da média do período entre os anos 2000 e 2023 (48,97%). O reservatório atingiu seu menor nível (1%) entre novembro de 2015 e janeiro de 2016, e apenas 2% de seu volume útil em outro evento, dessa vez em novembro de 2017.

Ao calcular as anomalias de precipitação entre os anos 2004 e 2023, os resultados mostram que para os anos de 2012, 2014 e 2015, tanto a estação normalmente seca (maio-outubro), quanto a estação normalmente chuvosa (novembro-abril) foram mais secas do que o esperado. Em 2012, por exemplo, na estação normalmente seca, choveu -75,6% do que o esperado. Para a estação chuvosa do mesmo ano, choveu -66,7% do que a média.

Pois bem, esses resultados já foram apresentados e discutidos no [Capítulo 4](#). Retorno a eles apenas para ilustrar a condição extrema de déficit hídrico que, inclusive, levou a Agência Nacional de Águas (ANA), em conjunto com a Companhia Hidrelétrica do Nordeste (CHESF), a reduzir a defluência do Rio São Francisco à jusante da barragem de Sobradinho. “O Dia do Rio”, mencionado várias vezes pelos entrevistados da pesquisa, parece ter sido algo simbólico e pode ter alterado a percepção da seca entre os viticultores dos PPis Bebedouro e Nilo Coelho naquele momento. No entanto, também pode ter mostrado que, mesmo

obedecendo ao veto de captar água do Rio São Francisco para irrigação às quartas-feiras, isso não influenciou a produtividade dos vinhedos. Pelo contrário, tanto em Bebedouro quanto em Nilo Coelho, a produtividade aumentou.

A utilização dos coeficientes de irrigação se mostrou útil para apresentar quais são as janelas produtivas em que a necessidade de água é maior ou menor. Como esperado, os ciclos produtivos de 120 dias que iniciam nos meses mais secos (maio a outubro) são os ciclos que apresentam um coeficiente de necessidade de água para irrigação quase 2 vezes maior do que os ciclos iniciados em meses da estação chuvosa. E são justamente nesses ciclos, em que a precipitação pluviométrica é quase nula e a água disponível no solo está em níveis baixos, que se encontra a janela de exportação mais atrativa comercialmente, geralmente entre setembro e novembro. Ao mesmo tempo, simulando um déficit de precipitação de 30%, o impacto é maior na estação chuvosa. O que é um tanto óbvio, pois apesar de chuvosos, os meses entre novembro e abril apresentam temperaturas médias mais altas e, logo, maior evapotranspiração, o que demanda maior suplementação de água para as videiras por meio da irrigação. Esse comportamento anômalo no período 2011-2019, em que as estações normalmente chuvosas se tornaram secas, na percepção dos atores envolvidos, foram benéficas para a viticultura. Pois a vulnerabilidade socioclimática à seca foi suplantada pela disponibilidade constante, ainda que restrita, de água proveniente do Rio São Francisco. Conforme relatos dos entrevistados, períodos secos são mais favoráveis pois há uma redução da necessidade de pulverização de fungicidas e outros tratamentos de manejo dos cachos, aumentando a qualidade dos frutos e reduzindo gastos com insumos e mão-de-obra.

Sensibilidade: *Quem/o que é mais vulnerável e por que?*

Os dois indicadores escolhidos para representar essa dimensão (produtividade e valor por tonelada) foram convertidos em um índice composto, chamado Sensitivity Index. De fato, há características discrepantes entre Bebedouro e Nilo Coelho desde suas fundações. E essa é a principal justificativa pela escolha das duas áreas como foco desta pesquisa. Afinal, a área irrigável total em Nilo Coelho é quase 20 vezes maior do que em Bebedouro. O mesmo a respeito da área ocupada por vinhedos. Para eliminar a influência do tamanho da área sobre os indicadores de produção de uvas, foram utilizados os indicadores de produtividade (ton/ha) e valor bruto da produção de uvas (R\$/ton). Ao longo do período 2010-2022, o cultivo de uvas

em Bebedouro foi mais sensível do que em Nilo Coelho. O mesmo índice estratificado para as categorias familiar e empresarial mostra que os lotes familiares em Bebedouro foram mais sensíveis do que em Nilo Coelho, o que também foi observado em vinhedos administrados sob uma estrutura empresarial.

Em ambos os PPIs, a viticultura ocupa quase 1/3 da área cultivada. No entanto, em Bebedouro há uma predominância de lotes categorizados como familiares, enquanto em Nilo Coelho a agricultura empresarial e a familiar praticamente dividem a mesma proporção de área cultivada. Com base nos relatos colhidos a campo, a estrutura organizacional em Nilo Coelho difere-se da de Bebedouro. Embora os PPIs partam de um objetivo comum – fornecer infraestrutura técnica e doméstica para os irrigantes – os distritos de irrigação que os gerem lidam com orçamentos com diferenças notáveis. Embora todos os atores, das diferentes áreas, percebam o valor do cooperativismo e associativismo para o enfrentamento de desafios e viabilização de seus negócios, somente em Nilo Coelho é que é observada a implementação de cooperativas. No entanto, elas têm um caráter bastante comercial, voltadas principalmente para o estabelecimento de um poder de barganha e redução de custos frente aos mercados externos que compram uvas do VASF em períodos de entressafra na Europa e na América do Norte.

Capacidade adaptativa: *Como reagem aos eventos adversos?*

Apenas um indicador quantitativo foi utilizado para representar essa dimensão (sistema de irrigação adotado em porcentagem de área). Essa foi uma das limitações da pesquisa, as quais serão abordadas mais à frente nestas considerações finais. De forma geral, em ambos os PPIs há a adoção majoritária de sistemas localizados de irrigação (gotejamento e microaspersão), o que indica que os cultivos seguem uma das diretrizes de adaptação às mudanças climáticas: utilização de sistemas eficientes de irrigação. No entanto, em ambos os PPIs os picos de captação de água do Rio São Francisco se deram no íterim 2011 a 2019 – 2012 em Bebedouro e 2017 em Nilo Coelho. Os dados disponíveis correspondem à captação global pelo PPI. Portanto, não é possível inferir que o aumento de produtividade de uvas tenha puxado esses picos de captação de água. Contudo, a água captada é distribuída para os lotes ocupados por diferentes culturas, mas principalmente manga e uva. Além disso, os núcleos

habitacionais e até mesmo a produção de alevinos (em Bebedouro) demandam sua fração do volume total de água captada do Rio São Francisco.

Embora a área de vinhedos em Bebedouro tenha diminuído em 11%, a produtividade aumentou em 84% - comparando as médias dos períodos 2002-2010 e 2011-2019. Em Nilo Coelho, a produtividade aumentou em 87%. E esse crescimento foi acompanhado por um aumento de 66% da área cultivada. De certa forma, isso sugere um “efeito rebote” da adoção de sistemas localizados de irrigação. Esse efeito rebote também é conhecido como Paradoxo de Jevons. Em 1865, quando William Stanley Jevons publicou seu argumento sob o título “The Coal Question”, ele refletia sobre como o aumento da eficiência de tecnologias movidas a carvão e outros combustíveis fósseis acabava aumentando o consumo desses mesmos recursos utilizados como fontes de energia (Alcott, 2005; Polimeni and Polimeni, 2006). Nesses termos, pode ocorrer uma diminuição do consumo do recurso por unidade produzida, porém o consumo global aumenta. Sob essa perspectiva, o aperfeiçoamento da tecnologia de irrigação levaria à produção de uma mesma ou maior quantidade de uvas com menor uso de recursos hídricos e, sobretudo, menores custos, pois os mesmos são diluídos em uma dinâmica de economia de escala. A percepção de maior lucratividade pode levar a uma alteração do comportamento de consumo do agricultor, neste caso o comportamento relacionado ao consumo de água para irrigação.

A aparente bem-sucedida adaptação dos PPIs ao risco de seca, também pode ser problematizada como sendo a evidência de outro paradoxo - levantado no [Capítulo 3](#). O “Paradoxo do Desenvolvimento Seguro” (Safe Development Paradox) visa explicar como políticas governamentais para adaptação e mitigação de riscos hidrológicos - tais como a securitização de imóveis e outros bens, e a construção de estruturas de contenção de enchentes -, além de não eliminarem os riscos de ocorrência de novos eventos, sugerem que os instrumentos econômicos e técnicos aplicados são capazes de garantir a segurança habitacional de uma determinada zona antes classificada como altamente vulnerável ou suscetível a riscos hidrológicos (Eriksen et al., 2021; Fusinato et al., 2024). Transpondo essa explicação para o risco oposto, o risco de déficit hídrico, o fornecimento pelo Estado de uma infraestrutura capaz de suprir continuamente os cultivos irrigados pode gerar um efeito, mesmo que temporário, de segurança hídrica. Por exemplo, um dique de contenção diminui a vulnerabilidade de um sistema a enchentes até o momento em que é vencido por um evento

extremo de chuva. Do mesmo modo, um perímetro irrigado diminui a vulnerabilidade de um sistema até o momento em que é vencido por um evento extremo de seca.

O Quadro 5.1 resgata a [Introdução](#), reunindo as perguntas de pesquisa, o objetivo geral e os objetivos específicos, as hipóteses iniciais da pesquisa, e as respectivas respostas a esses itens.

Quadro 5.1. Respostas às perguntas, hipóteses e objetivos da pesquisa

Questão	Resposta
Perguntas de pesquisa	
(i) A viticultura praticada nos Projetos Públicos de Irrigação está preparada para períodos de seca cada vez mais recorrentes?	A grande maioria dos vinhedos está equipada com sistemas considerados eficientes de aplicação de água para as plantas (gotejamento e microaspersão). No entanto, o cálculo da lâmina de água requerida para suprir a necessidade hídrica da planta parece ainda ser feito de forma empírica por boa parte dos viticultores. A pesquisa evidenciou que nos momentos críticos, nos quais o volume útil do Lago de Sobradinho esteve quase esgotado, houve um movimento cooperativo entre entidades públicas e privadas para contornar a situação. No entanto, o setor vitícola da região, bem como, os distritos de irrigação, a administração pública e a pesquisa aplicada, não dispõem de um plano estratégico de adaptação à e redução de riscos climáticos. Tanto riscos de seca, quanto riscos hidrológicos causados por excesso de chuvas. Esses últimos apontados como os mais danosos pelos viticultores.
(ii) Os riscos climáticos influenciam a adoção pelos viticultores de técnicas de irrigação que visem a otimização do uso da água?	Esta tese não investigou relações causais entre a percepção ou materialização de riscos climáticos e a adoção de técnicas de irrigação otimizadas para o uso da água. Entretanto, com base na avaliação dos entrevistados sobre os elementos de adaptação às mudanças climáticas passíveis de serem adotados na viticultura, são poucas as relações e referências elaboradas entre a diminuição do uso do recurso hídrico em detrimento dos riscos climáticos. Elementos como a escolha do material genético (cultivares e porta-enxertos), sistemas de certificação e cooperativismo e associativismo são mais relacionados com aspectos comerciais do que ambientais. Embora pesquisadores recomendem e viticultores reconheçam a importância de estações meteorológicas e tensiômetros para auxiliar o manejo da irrigação, a decisão de quando e quanto irrigar ainda é guiada por um parâmetro intuitivo. As possibilidades de acesso a esses equipamentos e a dificuldade de interpretação prática dos resultados, precisam ser consideradas em explicações sobre a adoção ou não de práticas de otimização do uso da água e de adaptação às mudanças climáticas.
Hipóteses	
(i) A viabilização da viticultura por conta da estrutura técnica oferecida pelos perímetros irrigados acaba não refletindo em estratégias de adaptação aos períodos de seca e às mudanças climáticas. Nesse sentido, a constância no abastecimento das áreas irrigadas	As hipóteses levantadas no empreendimento da tese em nenhum momento foram elaboradas como postulados testáveis por meio de experimentação ou inferência estatística. Considerando isso, essa hipótese foi confirmada. Por um lado, necessita-se mais elementos do que apenas a adoção de sistemas localizados como uma estratégia de adaptação às secas e às mudanças climáticas. Em momentos críticos as medidas

dos PPIs mascara o cenário de escassez hídrica enfrentado no nível regional	foram remediadoras e não preventivas. É bem verdade que há uma percepção clara de privilégio por parte dos entrevistados a respeito das diferenças de acesso a recursos hídricos entre aqueles que estão dentro e fora dos PPIs. No entanto, mesmo em um cenário de escassez hídrica não houve contenção do uso global de água. Pelo contrário, os PPIs parecem ter se tornado um refúgio para os produtores restabelecerem ou intensificarem seus cultivos.
(ii) O período prolongado de seca afetou a vulnerabilidade socioclimática da viticultura irrigada de forma desigual, sendo essa acentuada entre pequenos produtores em relação à viticultura empresarial	Essa hipótese foi confirmada. Ao longo do período 2010-2022, o Sensitivity Index para Bebedouro, mostrou que esse PPI foi mais sensível do que Nilo Coelho. O mesmo índice estratificado para as categorias familiar e empresarial, mostra que os lotes familiares em Bebedouro foram mais sensíveis do que em Nilo Coelho. O mesmo em vinhedos administrados sob uma estrutura empresarial: Bebedouro mais sensível que Nilo Coelho.
Objetivos	
Geral: analisar como os prolongados períodos de seca afetam a vulnerabilidade e as dinâmicas socioclimáticas relacionadas à viticultura praticada nos projetos públicos de irrigação Bebedouro e Nilo Coelho, localizados no Polo Petrolina/Juazeiro	Esta pesquisa atingiu esse objetivo, pois evidenciou a dinâmica de fatores climáticos e socioeconômicos ao longo do último período de seca prolongado que assolou a região, entre 2011 e 2019.
Específico 1: Analisar os impactos socioclimáticos causados pelos períodos de seca aos cultivos de uva e aos viticultores (produtividade, renda, modos de vida)	Esse objetivo específico foi parcialmente contemplado. Por meio do Sensitivity Index foi possível verificar a dinâmica da produtividade e da renda bruta em ambos os PPIs e para as categorias empresarial e familiar. Em relação aos modos de vida, a partir dos relatos dos entrevistados, não foi possível verificar se os impactos da seca influenciaram uma possível decisão por parte dos viticultores em desistir da atividade. Porém, ao recordarem anos chuvosos, os transtornos logísticos e danos a infraestruturas foram bastante citados, parecendo prejudicar, inclusive a rotina de trabalho nos vinhedos, a obtenção de renda e a execução de afazeres cotidianos.
Específico 2: Evidenciar os principais fatores que influenciam as vulnerabilidades e dinâmicas socioclimáticas	O fator evidente que influencia a vulnerabilidade socioclimática da viticultura nos PPIs Bebedouro e Nilo Coelho, podendo ser estendido para os outros PPIs do Vale do São Francisco é: a ininterrupta disponibilidade de água para irrigação. E esse é o fator que possibilita a viabilidade técnica e financeira da cultura da uva. Em relação às dinâmicas, especialmente as intra-anuais, há uma evidente influência das estações normalmente chuvosas (novembro a abril) e normalmente secas (maio a outubro) sobre o planejamento da produção. A ambição de acessar o mercado externo também parece levar os produtores a assumir o risco de produzir em períodos do ano em que a demanda hídrica da planta é maior, de forma a atender a janela de oportunidade para exportação (setembro a novembro).
Específico 3: Compreender como os agricultores utilizam os recursos hídricos e se os modos de uso da água refletem estratégias de adaptação às secas	Seria pretensioso afirmar que foi atingida uma plena compreensão de como os agricultores utilizam os recursos hídricos. Contudo, por meio das técnicas aplicadas na condução das entrevistas (Repertory Grid Technique e Participatory Rural Appraisal) foi possível verificar que os diferentes grupos de atores entendem o efeito positivo – portanto redutor da vulnerabilidade - de sistemas localizados de irrigação, da obtenção de dados de estações meteorológicas e tensiômetros, e do papel de instrumentos como o seguro agrícola, o crédito rural e as certificações. Todos esses elementos podem ser

	considerados estratégias diretas e indiretas de adaptação às secas. Ainda assim, a justificativa da utilização de sistemas eficientes parece residir no aumento da produtividade e lucratividade, gerando o mesmo “efeito rebote” observado por Jevons ao estudar a questão do carvão. Nesse caso, ao mesmo tempo em que a adaptação das culturas exóticas (videira e outras) é assegurada pela irrigação. E, ao mesmo tempo em que a eficiência do uso da água é assegurada por sistemas localizados, as áreas de cultivo aumentam, a produtividade aumenta, e a captação de água aumenta.
--	---

A seguir são apontadas as limitações do estudo e as sugestões para trabalhos futuros.

5.2. Limitações do estudo

No documento de qualificação do projeto de tese havia a proposta de um capítulo que acabou sendo suprimida desta versão final do manuscrito. Esse capítulo se propunha a investigar se os eventos de seca resultavam em ações políticas e debates institucionais voltados para a adaptação às mudanças climáticas, especialmente no âmbito das zonas irrigadas. Portanto, o objetivo inicial era mapear a percepção e o conjunto de ações políticas de adaptação da viticultura às mudanças climáticas desde o nível individual até o nível governamental. No entanto, isso não foi realizado e o estudo acabou se restringindo à investigação de dinâmicas socioclimáticas e à percepção de atores envolvidos com a produção de uvas em dois Projetos Públicos de Irrigação (PPI): Bebedouro e Nilo Coelho.

Nesse mesmo sentido, o estudo poderia ter contemplado todos os PPIs do Vale do São Francisco (VASF) em que há produção de uvas. Além disso, os mesmos métodos de análise de vulnerabilidade empregados no [Capítulo 4](#) poderiam ter sido aplicados no nível dos municípios, estabelecendo prováveis diferenças entre a vulnerabilidade socioclimática da viticultura em diferentes escalas espaciais e institucionais, agregando inclusive o recorte espacial das microrregiões hidrográficas. Entretanto, isso também não foi realizado.

Por vezes a pesquisa esbarrou na disponibilidade de dados que pudessem representar uma determinada dimensão da vulnerabilidade ou uma dinâmica biofísica ou socioeconômica. A dimensão da capacidade adaptativa foi a mais penalizada nesse sentido.

Apenas um indicador foi utilizado: proporção de área em hectares por tipo de sistema de irrigação. Ainda assim, para Nilo Coelho esse indicador refere-se a área total, não permitindo uma estratificação por tipo de cultura. E para Bebedouro, embora tenhamos a descrição para os tipos de cultura, os dados referem-se apenas ao ano de 2023. Da mesma forma, não foi possível a partir dos dados de captação de água, verificar qual foi a parcela de consumo específica da viticultura dentro de cada PPI. Mesmo a produção de uvas sendo uma cultura bastante representativa em ambos os PPIs - ocupando cerca de 1/3 da área total cultivada - e tenha demonstrado um aumento de produtividade e intensificação ao longo do período 2010-2022, qualquer sugestão, mesmo indireta, da pegada hídrica da viticultura nos PPIs Bebedouro e Nilo Coelho terá embutida em si a imprecisão factual, justificada pela carência de dados consolidados a respeito.

É muito possível que o leitor atento encontre outras limitações no estudo, ou levante outros questionamentos pertinentes que não foram contemplados nesta tese. Dessa forma, a apresentação do estudo finda aqui, mas alguns caminhos que ainda podem ser explorados em trabalhos futuros são sugeridos a seguir.

5.3. Sugestões para trabalhos futuros

Seja no formato de perguntas ou tópicos, seguem algumas sugestões que podem vir a ser exploradas em estudos futuros. Essas sugestões derivam de novos questionamentos a partir dos resultados obtidos, das limitações do estudo – abordadas na seção anterior, e de reflexões sobre problemas de pesquisa tangentes ao tratado nessa tese e que podem ser continuados ou começados em outras oportunidades.

→ Incluir cenários futuros de mudanças climáticas em estruturas analíticas de vulnerabilidade vitícola.

→ Investigar a existência - ou não - de evidências do Paradoxo de Jevons em relação à adoção de sistemas localizados de irrigação. Caso sim, quais são as implicações que a indicação de soluções tecnológicas eficientes no uso de recursos hídricos pode gerar em um

médio e longo prazo? Será que a aparente redução da vulnerabilidade não acaba gerando outra(s) vulnerabilidade(s)?

→ Análises de tendência à adoção de material genético (variedades de uvas) resistentes a estresse hídrico ou tolerantes à incidência de fungos como forma de adaptação às mudanças climáticas.

→ Investigação da relação entre os regimes climáticos do Alto e Médio São Francisco com o clima do Submédio do São Francisco, à jusante do Lago de Sobradinho.

→ Análise da influência de mercados externos sobre práticas vitícolas sustentáveis e a exportação não só de uvas, mas também de água virtual.

→ Estudos sobre a pegada hídrica de vinhedos conduzidos sob diferentes práticas de manejo da planta e da irrigação.

→ Até quando o Rio São Francisco será capaz de suprir a viticultura e a agricultura irrigada no semiárido brasileiro?

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS (INTRODUÇÃO E CAPÍTULOS 1, 2 E 5)

ADGER, W. N. Social and ecological resilience: Are they related? **Progress in Human Geography**, v. 24, n. 3, p. 347–364, 2000.

ADGER, W. N. Vulnerability. **Global Environmental Change**, v. 16, p. 268–281, 2006.

ALCOTT, B. Jevons' paradox. *Ecological Economics*, v. 54, n. 1, p. 9–21, 1 jul. 2005.

ALVARES, C. A. et al. Köppen's climate classification map for Brazil. **Meteorologische Zeitschrift**, v. 22, n. 6, p. 711–728, 2013.

ANA. Conjuntura dos recursos hídricos no Brasil – Regiões hidrográficas Brasileiras (edição especial). Brasília-DF: Agência Nacional de Águas, 2015, 163 p. Disponível em: <https://www.snirh.gov.br/portal/centrais-de-conteudos/conjuntura-dos-recursos-hidricos-?text=O%20Conselho%20Nacional%20de%20Recursos%20H%C3%ADricos%2C%20por%20meio,H%C3%ADricos%20no%20Brasil%2C%20de%20forma%20sistem%C3%A1tica%20e%20oper%C3%B3tica>. Acesso em: 26 abr. 2023.

ANA. Atlas irrigação: uso da água na agricultura irrigada. Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico, 2ª ed., Brasília: ANA, 2021. 130 p. Disponível em: <https://portal1.snirh.gov.br/ana/apps/storymaps/stories/a874e62f27544c6a986da1702a911c6b>. Acesso em: 3 mai. 2023.

ANA. Conjuntura dos recursos hídricos no Brasil – Informe anual. Brasília-DF: Agência Nacional de Águas, 2023, 105 p. Disponível em: <https://www.snirh.gov.br/portal/centrais-de-conteudos/conjuntura-dos-recursos-hidricos-?text=O%20Conselho%20Nacional%20de%20Recursos%20H%C3%ADricos%2C%20por%20meio,H%C3%ADricos%20no%20Brasil%2C%20de%20forma%20sistem%C3%A1tica%20e%20oper%C3%B3tica>. Acesso em: 26 abr. 2023.

ANDRADE, A. J. P.; SILVA, N. M.; SOUZA, C. R. As percepções sobre as variações e mudanças climáticas e as estratégias de adaptação dos agricultores familiares do Seridó potiguar. **Desenvolvimento e Meio Ambiente**, v. 31, p. 77–96, 2014

AQUINO, A. R. De et al. Vulnerabilidade sociambiental. São Paulo: Blucher, 2017.

ARAUJO, L. M.; TEIXEIRA, A. H. de C.; BASSOI, L. H. Evapotranspiration and biomass modelling in the Pontal Sul Irrigation Scheme Evapotranspiration and biomass modelling in the Pontal Sul. **International Journal of Remote Sensing**, v. 00, n. 00, p. 1–13, 2019. Disponível em: <<https://doi.org/10.1080/01431161.2019.1688416>>

ARMSTRONG, A.; HOPE, R.; MUNDAY, C. Monitoring socio-climatic interactions to prioritise drinking water interventions in rural Africa. **npj Clean Water**, v. 4, n. 10, p. 1–3, 2021.

ASSAD, E. D. et al. Impactos e vulnerabilidades da agricultura brasileira às mudanças climáticas. In: TEIXEIRA, B. S.; ORSINI, J. A. M.; DA CRUZ, M. R. (Eds.). **Modelagem Climática e**

Vulnerabilidades Setoriais à Mudança do Clima no Brasil. Brasília-DF: Ministério da Ciência Tecnologia e Inovação, 2016. p. 590.

AZEVEDO, N. T. A vulnerabilidade social em tempos de acumulação flexível: uma contribuição para o debate no campo socioambiental. **Desenvolvimento e Meio Ambiente**, v. 38, p. 379–402, 2016.

BELLIVEAU, S.; SMIT, B.; BRADSHAW, B. Multiple exposures and dynamic vulnerability: Evidence from the grape industry in the Okanagan Valley, Canada. **Global Environmental Change**, v. 16, p. 364–378, 2006.

BECK, U. Sociedade de risco: rumo a uma outra modernidade. São Paulo: Editora 34, 2010, 384 p.

BNB. História. Banco do Nordeste do Brasil, 2023. Disponível em: <https://www.bnb.gov.br/institucional/historia>. Acesso em: 19 abr. 2023.

BOELEN, R.; VOS, J. The danger of naturalizing water policy concepts: Water productivity and efficiency discourses from field irrigation to virtual water trade. **Agricultural Water Management**, v. 108, p. 16-26, 2012. Doi: <https://doi.org/10.1016/j.agwat.2011.06.013>.

BOURONCLE, C. et al. Mapping climate change adaptive capacity and vulnerability of smallholder agricultural livelihoods in Central America: ranking and descriptive approaches to support adaptation strategies. **Climatic Change**, v. 141, n. 1, p. 123–137, 2017. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1007/s10584-016-1792-0>

BRASIL. Decreto n. 10.296, de 30 de março de 2020 - Dispõe sobre a Região Administrativa Integrada de Desenvolvimento do Polo Petrolina e Juazeiro e institui o seu Conselho Administrativo. Presidência da República, 2020. Disponível em: https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_Ato2019-2022/2020/Decreto/D10296.htm. Acesso em: 10 mai. 2023.

BRASIL. INPI concede IG para vinhos do Vale do São Francisco. Instituto Nacional da Propriedade Industrial (INPI), 2022. Disponível em: <https://www.gov.br/inpi/pt-br/central-de-conteudo/noticias/2022/inpi-concede-ig-para-vinhos-do-vale-do-sao-francisco>. Acesso em: 3 mai. 2023.

BRITO, S. S. B. et al. Frequency, duration and severity of drought in the Semiarid Northeast Brazil region. **International Journal of Climatology**, v. 38, n. 2, p. 517–529, 2017.

BUDDS, J. Power, Nature and Neoliberalism: Political Ecology of Water in Chile. **Singapore Journal of Tropical Geography**, v. 25, n. 3, p. 322–342, 2004.

BUTLER, R. J. **Reflections in Personal Construct Theory**. West Sussex, England: Wiley-Blackwell, 2009.

BUTT, T. Chapter 12 - Different readings of personal construct theory. In: BUTLER, R. J. **Reflections in Personal Construct Theory**. West Sussex, England: Wiley-Blackwell, 2009.

CAMPOS, J. N. B. Vulnerabilidades Hidrológicas Do Semi-Árido Às Secas. **Planejamento e Políticas Públicas**, v. 16, p. 261–298, 1997.

CANTER, D. Chapter 8 - Revealing the Conceptual Systems of Places. In: GIFFORD, R. **Research Methods for Environmental Psychology**. West Sussex, England: Wiley-Blackwell, 2016.

CARBONNEAU, A. Tropical viticulture: specificities and challenges for a quality viticulture. **Acta Horticulturae**, v. 910, p. 15-34, 2011.

CASTRO, C.N. Sobre a agricultura irrigada no semiárido: uma análise histórica e atual de diferentes opções de política. Textos para discussão / Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada (Ipea). Brasília, 2018, 49 p.

CASTRO, L.T.; NEVES, M.F.; NAKATANI, J.K. Modelos organizacionais para parcerias público-privadas na irrigação pública no Brasil. **Revista de Administração**, v. 48, n. 2, p. 268-280, 2013.

CBHSF. Revista 6: Um lugar chamado Canastra. Comitê da Bacia Hidrográfica do Rio São Francisco, 2020. Disponível em: <https://cbhsaofrancisco.org.br/noticias/novidades/revista-6-um-lugar-chamado-canastra/-:~:text=%E2%80%9CRio%20S%C3%A3o%20Francisco%20tem%20hoje%20duas%20nascentes%3A,geogr%C3%A1fica%2C%20que%20consiste%20na%20localiza%C3%A7%C3%A3o%20por%20crit%C3%A9rios%20t%C3%A9cnicos>. Acesso em: 06 jul. 2023.

CHARRIER, G. et al. Drought will not leave your glass empty : Low risk of hydraulic failure revealed by long-term drought observations in world ' s top wine regions To cite this version : HAL Id : hal-02538219 Drought will not leave your glass empty : Low risk of hydraulic f. **Science Advances**, v. 4, n. 1, p. 1–9, 2018.

CHEN, D.; CHEN, H. W. Using the Köppen classification to quantify climate variation and change: An example for 1901–2010. **Environmental Development**, v. 6, p. 69-79, 2013. doi:10.1016/j.envdev.2013.03.007

CHESF. Fatos históricos. Companhia Hidrelétrica do Nordeste, 2023. Disponível em: <https://www.chesf.com.br/Comunicacao/Pages/Fatos%20Hist%C3%B3ricos/FatosMarcos.aspx>. Acesso em: 19 abr. 2023.

CODEVASF. São Francisco. Companhia de Desenvolvimento dos Vales do São Francisco e do Parnaíba, 2021. Disponível em: <https://www.codevasf.gov.br/area-de-atuacao/bacia-hidrografica/sao-francisco>. Acesso em: 19 abr. 2023.

COGATO, A. et al. Extreme weather events in agriculture: A systematic review. **Sustainability (Switzerland)**, v. 11, n. 9, p. 1–18, 2019.

COMEXSTAT. Exportação e Importação Geral – NCM 08061000 Uvas Frescas. Comércio Exterior do Brasil, 2023. Disponível em: <http://comexstat.mdic.gov.br/pt/home>. Acesso em: 10 mai. 2023.

CORREIA, I. A.; BARBIERI, A. F. Vulnerabilidade à seca e (i)mobilidade no Nordeste brasileiro: partir ou resistir? *Sustentabilidade em Debate*, v. 10, n. 2, p. 125–141, 2019.

COSTA, J. M. et al. Modern viticulture in southern Europe: Vulnerabilities and strategies for adaptation to water scarcity. ***Agricultural Water Management***, v. 164, n. 1, p. 5–18, 2016. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1016/j.agwat.2015.08.021>

CUNHA, A. P. M. A. et al. Extreme drought events over Brazil from 2011 to 2019. *Atmosphere*, v. 10, n. 11, 2019.

CUTTER, S. L. The Vulnerability of Science and the Science of Vulnerability. ***Annals of the Association of American Geographers***, v. 93, n. 1, p. 1–12, 2003.

DA HORA, G.B.; MATTOSINHO, C.M.S.; XAVIER, M.G.P. Inovação na indústria vitivinícola do Vale do São Francisco. Aracaju-SE: Editora IFS, 1. ed., 2016, 86 p.

DA SILVA, J.M.; BARBOSA, L.C.F.; LEAL, I.R.; TABARELLI, M. Chapter 1 – The Caatinga: understanding the challenges. In: DA SILVA, J. M. C.; LEAL, I. R.; TABARELLI, M. ***Caatinga: The largest tropical dry forest region in South America***. Springer, 2018.

DE MOURA, M. S. B.; SOBRINHO, J. E.; DA SILVA, T. G. F. Aspectos meteorológicos do semiárido brasileiro. In: XIMENES, L. F.; DA SILVA, M. S. L.; BRITTO, L. T. de L. (Eds.). *Tecnologias de Convivência com o Semiárido Brasileiro*. Fortaleza: Banco do Nordeste, 2019. p. 85–104.

DIB. Plano Operativo Anual 2021. Distrito de Irrigação Bebedouro. Disponível em: <https://www.codevasf.gov.br/linhas-de-negocio/irrigacao/projetos-publicos-de-irrigacao/elenco-de-projetos/em-producao/bebedouro>. Acesso em: 4 mai. 2023.

DICKO, M.; DIAWARA, B; TANGARA, B.; JAMIN, J.I.; ROUGIER; J.E.; BAH, S. Une Approche Participative Pour Améliorer La Maintenance Du Reseau Et La Gestion De L'eau Dans Un Périmètre Irrigué Au mali. ***Irrigation and Drainage***, v. 69, n. 1, p. 139-147, 2020.

DINC. Plano Operativo Anual 2021. Distrito de Irrigação Nilo Coelho. Disponível em: <https://www.codevasf.gov.br/linhas-de-negocio/irrigacao/projetos-publicos-de-irrigacao/elenco-de-projetos/em-producao/senador-nilo-coelho>. Acesso em: 4 mai. 2023.

DNOCS. História. Departamento Nacional de Obras Contra as Secas, 2021. Disponível em: <https://www.gov.br/dnocs/pt-br/acesso-a-informacao/institucional/historia>. Acesso em: 19 abr. 2023.

DOBKOWITZ, S.; WALZ, A.; BARONI, G. Cross-Scale Vulnerability Assessment for Smallholder Farming: A Case Study from the Northeast of Brazil. ***Sustainability***, v. 12, n. 3787, p. 1–24, 2020.

DOURADO, J. A. L. ***Das terras do Sem Fim aos Territórios do Agrohidronegócio: conflitos por terra e água no vale do São Francisco***. 2015. UNESP, 2015.

EAKIN, H.; LUERS, A. L. Assessing the Vulnerability of Social-Environmental Systems. ***Annual Review of Environment and Resources***, v. 31, n. 1, p. 365–394, 2006.

EMBRAPA. Dados Agrometeorológicos do Vale do São Francisco. 2023. Disponível em: <https://www.embrapa.br/dados-agrometeorologicos-do-vale-do-sao-francisco-:~:text=A%20Embrapa%20Semi%C3%A1rido%20%28Petrolina-PE%29%20mant%C3%A9m%20uma%20rede%20de,qual%20gera%20dados%20clim%C3%A1ticos%20que%20s%C3%A3o%20disponibilizados%20gratuitamente.> Acesso em: 21 novembro, 2023.

ENENKEL, M. et al. Why predict climate hazards if we need to understand impacts? Putting humans back into the drought equation. **Climatic Change**, v. 162, n. 3, p. 1161–1176, 2020.

ERIKSEN, S. et al. Adaptation interventions and their effect on vulnerability in developing countries: Help, hindrance or irrelevance? **World Development**, v. 141, p. 105383, 1 maio 2021.

FELÍCIO, A. S. G. Projeto Jaíba Etapa I: **Análise do processo de concentração da terra em um perímetro irrigado**. 2018. Universidade Estadual de Campinas, 2018.

FIGUEIREDO, J.; CARVALHO, M. Ensolarado sertão, magníficos vinhos. Gráfica Franciscana, 2011, 220 p.

FIOCRUZ. BA - Há mais de 20 anos, agricultores familiares disputam com empresário do agronegócio as águas do Rio Salitre, que já teve até seu curso mudado. Mapa de Conflitos. 2014. Disponível em: <http://mapadeconflitos.ensp.fiocruz.br/conflito/ba-ha-mais-de-20-anos-agricultores-familiares-disputam-com-empresario-do-agronegocio-as-aguas-do-rio-salitre-que-ja-teve-ate-seu-curso-mudado/>. Acesso em: 19 janeiro, 2021.

FRANÇA, D. P. I. De. Financeirização da natureza e precarização do trabalho em Petrolina-PE - Vale do Rio São Francisco. **PEGADA - A Revista da Geografia do Trabalho**, v. 21, n. 2, p. 66–84, 2020.

FRANELLA, F. **International Handbook of Personal Construct Psychology**. West Sussex, England: John Wiley & Sons, Ltd, 2003.

FRANELLA, F.; NEIMEYER, R.A. Chapter 2 - George Alexander Kelly: The Man and his Theory. In: FRANELLA, F. **International Handbook of Personal Construct Psychology**. West Sussex, England: John Wiley & Sons, Ltd, 2003.

FRERKS, G.; WARNER, J.; WEIJS, B. The politics of vulnerability and resilience. **Ambiente & Sociedade**, v. 14, n. 2, p. 105–122, 2011.

FUSINATO, E. et al. Safe development paradox: evidence and methodological insights from a systematic review. *Natural Hazards*, 18 jul. 2024.

G1. Área da Embrapa em Petrolina começa a ser desocupada pelo MST nesta sexta (21). Portal G1 Petrolina, 2023. Disponível em: <https://g1.globo.com/pe/petrolina-regiao/noticia/2023/04/21/area-da-embrapa-em-petrolina-comeca-a-ser-desocupada-pelo-mst-nesta-sexta-21.ghtml>. Acesso em: 4 mai. 2023.

- GAMBETTA, G. A. et al. The physiology of drought stress in grapevine: towards an integrative definition of drought tolerance. **Journal of Experimental Botany**, [s. l.], v. 71, n. 16, p. 4658–4676, 2020.
- GOEDE, D. M. DE; GREMMEN, B.; BLOM-ZANDSTRA, M. Robust agriculture: Balancing between vulnerability and stability. **NJAS: Wageningen Journal of Life Sciences**, 1 set. 2013.
- GOES, E.S. e ALBUQUERQUE, T.C.S. A uva no sub-médio São Francisco - Histórico e perspectivas. Comunicado apresentado na 3a reunião do Conavin (Petrolina, novembro/1987). Disponível em: <https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/handle/doc/133858?locale=em>. Acesso em: 19 abr. 2023.
- GREENE, C. “Drought isn’t just water, it is living”: Narratives of drought vulnerability in California’s San Joaquin Valley. **Geoforum**, v. 121, n. February 2020, p. 33–43, 2021. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.geoforum.2021.02.007>
- HAHN, M. B.; RIEDERER, A. M.; FOSTER, S. O. The Livelihood Vulnerability Index: A pragmatic approach to assessing risks from climate variability and change-A case study in Mozambique. **Global Environmental Change**, v. 19, n. 1, p. 74–88, 2009.
- HARVEY, C. A. et al. Extreme vulnerability of smallholder farmers to agricultural risks and climate change in Madagascar. **Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences**, v. 369, n. 1639, 2014.
- HOGAN, D. J.; MARANDOLA, E. Towards an interdisciplinary conceptualisation of vulnerability. **Population, Space and Place**, v. 11, n. 6, p. 455–471, 2005.
- IBGE. Pesquisa Agrícola Municipal – Tabela 1613: Uva (todos os anos). Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, 2023. Disponível em: <https://sidra.ibge.gov.br/tabela/1613>. Acesso em: 2 mai. 2023.
- IPCC. **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. New York, NY, USA. Disponível em: <papers2://publication/uuid/B8BF5043-C873-4AFD-97F9-A630782E590D>.
- INSA. O semiárido brasileiro. Instituto Nacional do Semiárido, 2023. Disponível em: <https://www.gov.br/insa/pt-br/semiarido-brasileiro>. Acesso em: 13 abr. 2023.
- IWAMA, A. Y. et al. Risco, vulnerabilidade e adaptação às mudanças climáticas: uma abordagem interdisciplinar. **Ambiente & Sociedade**, v. XIX, n. 2, p. 95–118, 2016.
- JANKOWICZ, D. **The Easy Guide to Repertory Grids**. West Sussex, England: Wiley, 2004.
- JOHNSON, H.; ROBINSON, J. The world atlas of wine. Mitchell Beazley, 7th ed., 2013, 400 p.
- JURGILEVICH, A. et al. A systematic review of dynamics in climate risk and vulnerability assessments. **Environmental Research Letters**, v. 12, n. 1, 2017.

KALLIS, G. Droughts. *Annual Review of Environment and Resources*, v. 33, n. 1, p. 85–118, 1 nov. 2008.

KELLER, M. *The science of grapevines*. Third Edition. Academic Press, 2020.

KELLY, G.A. Chapter 1 - A Brief Introduction to Personal Construct Theory. In: FRANELLA, F. **International Handbook of Personal Construct Psychology**. West Sussex, England: John Wiley & Sons, Ltd, 2003.

KOHL, E.; KNOX, J. A. My Drought is Different from Your Drought: A Case Study of the Policy Implications of Multiple Ways of Knowing Drought. *Weather, Climate, and Society*, v. 8, n. 4, p. 373–388, 1 out. 2016.

LAL, P. N. et al. **National systems for managing the risks from climate extremes and disasters**. Managing the Risks of Extreme Events and Disasters to Advance Climate Change Adaptation: Special Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change, v. 9781107025, 2012.

LANARI, N. et al. In whose interests? Water risk mitigation strategies practiced by the fruit industry in South Africa's Western Cape. **Geoforum**, v. 126, n. February 2020, p. 105–114, 2021. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.geoforum.2021.07.025>

LINDOSO, D.; EIRÓ, F.; ROCHA, J. D. Desenvolvimento Sustentável, Adaptação e Vulnerabilidade à Mudança Climática no Semiárido Nordeste: Um Estudo de Caso no Sertão do São Francisco. **Revista Econômica do Nordeste**, v. 44, p. 301–332, 2013.

LIMA, J.R.F. Observatório do Mercado de Uva da Embrapa Semiárido. Embrapa Semiárido, 2022. Disponível em: <https://observatoriosdemercado.github.io/uva/2022/pam/>. Acesso em: 02 mai. 2023.

LIMA, R. La historia en la basura: los archivos perdidos de Donald Pierson. **Desacatos Revista de Ciencias Sociales**, n. 34, p. 107–118, 2010.

LOVATO, L. G.; ZULLO JUNIOR, J. Synchronizing socio-climatic impacts in spatio-temporal analyses of drought vulnerability: challenges and perspectives for data production. **Revista Espaço de Diálogo e Desconexão**, v. 13, n. 2, p. 51–64, 2021.

LUDWIG, L.; MATTEDI, M. A. Dos desastres do desenvolvimento ao desenvolvimento dos desastres: a expressão territorial da vulnerabilidade. **Desenvolvimento e Meio Ambiente**, v. 39, p. 23–42, 2016.

LUERS, A. L. et al. A method for quantifying vulnerability, applied to the agricultural system of the Yaqui Valley, Mexico. **Global Environmental Change**, v. 13, n. 4, p. 255–267, 2003.

MAIA, J.D.G.; RITSCHER, P.; LAZZAROTTO, J.J. A viticultura de mesa no Brasil. **Territoires du Vin (Online)**, n. 9, p. 1-9, 2018.

MALVEZZI, R. **Semi-árido: uma visão holística**. Brasília-DF: Confea, 2007.

MARANDOLA JR., E. Habitar em risco: mobilidade e vulnerabilidade na experiência metropolitana. 1. ed. São Paulo: Blucher, 2014.

MARANDOLA JR., E.; D'ANTONA, A. O. Vulnerabilidade: problematizando e operacionalizando o conceito. In: CARMO, R. L.; VALENCIO, N. (Eds.). Segurança humana no contexto dos desastres. 1. ed. São Carlos: RiMa, 2014. p. 45–61.

MARANDOLA JR., E.; HOGAN, D. J. Vulnerabilidade do lugar vs. vulnerabilidade sociodemográfica: implicações metodológicas de uma velha questão. *Revista Brasileira de Estudos de População*, v. 26, n. 2, p. 161–181, 2009. Disponível em: <http://www.nepo.unicamp.br/vulnerabilidade%0Ahttp://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0102-30982009000200002&lang=es%0Ahttp://www.scielo.br/pdf/rbepop/v26n2/02.pdf>

MARENGO, J. A.; TORRES, R. R.; ALVES, L. M. Drought in Northeast Brazil—past, present, and future. **Theoretical and Applied Climatology**, v. 129, n. 3–4, p. 1189–1200, 2017.

MARIANO, D. A. et al. Use of remote sensing indicators to assess effects of drought and human-induced land degradation on ecosystem health in Northeastern Brazil. **Remote Sensing of Environment**, v. 213, p. 129–143, 2018.

MEDRANO, H. et al. Improving water use efficiency of vineyards in semi-arid regions. A review. **Agronomy for Sustainable Development**, v. 35, n. 2, p. 499–517, 2015.

MESQUITA, P. S.; WITTMAN, H.; MOTA, J. A. Climate variability, agricultural livelihoods and food security in Semiarid Brazil. **Sustentabilidade em Debate**, v. 7, p. 38–51, 2016.

MIDR. As águas do São Francisco chegando mais longe. Ministério da Integração e do Desenvolvimento Regional, 2023. Disponível em: <https://www.gov.br/mdr/transposicao-sao-francisco>. Acesso em: 26 abr. 2023.

MILLER, F. et al. Resilience and vulnerability: Complementary or conflicting concepts? **Ecology and Society**, v. 15, n. 3, 2010.

MOSEDALE, J.R. et al. Climate change impacts and adaptive strategies: Lessons from the grapevine. **Global Change Biology**. 2016, 22, 3814–3828. doi: <https://doi.org/10.1111/gcb.13406>

MUTTI, P. R. et al. Basin scale rainfall-evapotranspiration dynamics in a tropical semiarid environment during dry and wet years. **International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation**, v. 75, n. July 2018, p. 29–43, 2019. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.jag.2018.10.007>

NAULLEAU, A. et al. Evaluating Strategies for Adaptation to Climate Change in Grapevine Production – A Systematic Review. **Frontiers in Plant Science**, v. 11, p. 0–20, 2021.

NEETHLING, E. et al. Assessing local climate vulnerability and winegrowers' adaptive processes in the context of climate change. **Mitigation and Adaptation Strategies for Global Change**, v. 22, n. 5, p. 777–803, 2017.

NICHOLAS, K. A.; DURHAM, W. H. Farm-scale adaptation and vulnerability to environmental stresses: Insights from winegrowing in Northern California. **Global Environmental Change**, v. 22, n. 2, p. 483–494, 2012. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1016/j.gloenvcha.2012.01.001>

OIV. Strategic plan 2020-2024. International Organisation of Vine and Wine, 2020. Disponível em: <https://www.oiv.int/who-we-are/strategy>. Acesso em: 4 abr. 2023.

OIV. Annual Assessment of the World Vine and Wine Sector in 2021. International Organisation of Vine and Wine, 2021. Disponível em: <https://www.oiv.int/what-we-do/statistics>. Acesso em: 2 mai. 2023.

OIV. Country statistics – Brazil year 2021. Organisation of Vine and Wine, 2023. Disponível em: <https://www.oiv.int/what-we-do/statistics>. Acesso em: 2 mai. 2023.

ORTEGA, A. C.; SOBEL, T. F. Desenvolvimento Territorial e Perímetros Irrigados: avaliação das políticas governamentais implantadas nos Perímetros Irrigados Bebedouro e Nilo Coelho em Petrolina (PE). **Planejamento e Políticas Públicas**, n. 35, p. 88–118, 2010.

ONU. Sobre o nosso trabalho para alcançar os Objetivos do Desenvolvimento Sustentável. Nações Unidas Brasil, 2023. Disponível em: <https://brasil.un.org/pt-br/sdgs>. Acesso em: 4 abr. 2023.

PASSADOR, C.S.; PASSADOR, J.L.; MOREIRA, M. Transferências de gestão dos perímetros públicos de irrigação: uma proposta metodológica. **Organizações Rurais e Agroindustriais**, v. 11, n. 3, 2009.

POLIMENI, J. M.; POLIMENI, R. I. Jevons' Paradox and the myth of technological liberation. *Ecological Complexity*, v. 3, n. 4, p. 344–353, dez. 2006.

PONTES, A. G. V. et al.. Os perímetros irrigados como estratégia geopolítica para o desenvolvimento do semiárido e suas implicações à saúde, ao trabalho e ao ambiente. **Ciência & Saúde Coletiva**, v. 18, n. 11, p. 3213–3222, nov. 2013.

REED, M. S. et al. Combining analytical frameworks to assess livelihood vulnerability to climate change and analyse adaptation options. **Ecological Economics**, v. 94, p. 66–77, 2013. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1016/j.ecolecon.2013.07.007>

REIS, G. D. A. et al. Development of a drought vulnerability index using MCDM and GIS : study case in São Paulo and Ceará, Brazil. **Natural Hazards**, v. 104, p. 1781–1799, 2020. Disponível em: <<https://doi.org/10.1007/s11069-020-04247-7>>

ROOSE, I.; PANEZ, A. Social Innovations as A Response to Dispossession: Community Water Management in View of Socio-Metabolic Rift in Chile. **Water**, v. 12, n. 2, 2020. Disponível em: <<https://www.mdpi.com/2073-4441/12/2/566>>

PEREDA, P. C.; ALVES, D. C. O. Climate and weather impacts on agriculture: the case of Brazil. *Economia Aplicada (Impresso)*, v. 22, p. 5-26, 2018.

PEREIRA, M. A. T.; DO CARMO, R. L. Fruticultura, emprego e migração: o caso da região de Petrolina-PE e Juazeiro-BA. In: RANDOLPH, R.; SIQUEIRA, H.; DE OLIVEIRA, A. (Eds.).

Planejamento, Políticas e Experiências de Desenvolvimento Regional: problemáticas e desafios. 1 ed. ed. Rio de Janeiro: Letra Capital, 2014. p. 326 p.

PONTES, A. G. V. et al. Os perímetros irrigados como estratégia geopolítica para o desenvolvimento do semiárido e suas implicações à saúde, ao trabalho e ao ambiente, 2013. Disponível em: http://www.scielo.org/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1413-81232013001900012

POSSÍDIO, E.D. Petrolina - um sertão verde. EMBRAPA Documentos n. 82, fev/1997, p. 1-6. Disponível em: <https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/handle/doc/132917>. Acesso em: 19 abr. 2023.

REBOITA, M. S. et al. Causas da semi-aridez do Sertão Nordeste. Revista Brasileira de Climatologia, v. 19, n. Jul/Dez, p. 254–277, 2016.

SALES, P.H.P. **Os projetos públicos irrigados, vetores do desenvolvimento econômico-social no semiárido brasileiro: uma análise comparativa sob a ótica da gestão estratégica.** 2019. 92 f. Dissertação (Mestrado em Dinâmicas de Desenvolvimento do Semiárido PPGDiDES) – Universidade Federal do Vale do São Francisco, Petrolina, 2019.

SÃO JOSÉ, R. V. DE; COLTRI, P. P.; GRECO, R. Vulnerabilidade agrícola do semiárido baiano à seca: uma proposta de índice para avaliação regional. **Boletim Goiano de Geografia**, v. 43, n. 01, 20 out. 2023.

SANTOS, H.P. Aspectos ecofisiológicos na condução da videira e sua influência na produtividade e qualidade dos vinhos. Comunicado Técnico nº 71, Bento Gonçalves-RS: Embrapa, dezembro, 2006.

SCHMITT, R. J. P.; ROSA, L.; DAILY, G. C. Global expansion of sustainable irrigation limited by water storage. **Proceedings of the National Academy of Sciences**, v. 119, n. 47, p. 1–10, 2022.

SILVA, P.C.G.; CORREIA, R.C.; SOARES, J.M. 1 - Histórico e importância socioeconômica. In: SOARES, J.S. e LEÃO, P.C.S. (eds.) A vitivinicultura no semiárido brasileiro. Petrolina-PE: Embrapa, 1a ed., 2009, 756 p.

SILVA, R. F. B. Da; BATISTELLA, M.; MORAN, E. F. Socioeconomic changes and environmental policies as dimensions of regional land transitions in the Atlantic Forest, Brazil. **Environmental Science and Policy**, v. 74, n. January, p. 14–22, 2017. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1016/j.envsci.2017.04.019>>

SILVEIRA, R. N. C. M. et al. Efeitos da seca em perímetros irrigados no Semiárido Brasileiro. **Anuario do Instituto de Geociencias**, v. 41, n. 2, p. 268–275, 2018.

SILVINO, A.; VIGLIO, J.E.; FERREIRA, L.C. A conservação da Caatinga em diferentes arenas do Semiárido brasileiro. **Sustentabilidade em Debate**, v. 7, p. 1182-194, 2016.

SOUZA, K. R. G.; LOURENÇO, L. A evolução do conceito de risco à luz das Ciências Naturais e Sociais. **Territorium**, (22), 31–44, 2015. Disponível em: https://doi.org/http://dx.doi.org/10.14195/1647-7723_22_1

SUDENE. Delimitação do Semiárido. Superintendência do Desenvolvimento do Nordeste, 2023. Disponível em: <https://www.gov.br/sudene/pt-br/assuntos/projetos-e-iniciativas/delimitacao-do-semiarido>. Acesso em: 13 abr. 2023.

SVOBODA, M.; FUCHS, F. Handbook of Drought Indicators and Indices. [s.l.] World Meteorological Organization (WMO) and Global Water Partnership (GWP), 2016.

TANNEHILL, I. R. Drought, Its Causes and Effects. *Soil Science*, v. 64, n. 1, p. 83, jul. 1947.

THORNTHWAITE, C. W. An Approach toward a Rational Classification of Climate. **Geographical Review**, v. 38, n. 1, p. 55-94, 1948.

TORRES, R. R. et al. Socio-climatic hotspots in Brazil. **Climatic Change**, v. 115, n. 3, p. 597–609, 2012. Disponível em: <<https://doi.org/10.1007/s10584-012-0461-1>>

WHEELER, S. A.; MARNING, A. Turning water into wine: exploring water security perceptions and adaptation behaviours amongst conventional, organic and biodynamic grape growers. **Land Use Policy**, v. 82, p. 528–537, 2019.

WU, F. et al. Assessing agricultural system vulnerability to floods: A hybrid approach using emergy and a landscape fragmentation index. **Ecological Indicators**, n. October, p. 0–1, 2017. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1016/j.ecolind.2017.10.050>>

VAN LEEUWEN, C.; SEGUIN, G. The concept of terroir in viticulture. **Journal of Wine Reasearch**, v. 17, n. 1, p. 1-10, 2006.

VAN LEEUWEN, C. et al. An Update on the Impact of Climate Change in Viticulture and Potential Adaptations. **Agronomy**, v. 9, n. 514, p. 1–20, 2019.

VIDAL, M.F. e EVANGELISTA, F.R. Irrigação na área de atuação do Banco do Nordeste do Brasil. Escritório Técnico de Estudos Econômicos do Nordeste (ETENE). 2012. Disponível em: https://www.senado.gov.br/comissoes/cdr/cdrdn/VT20120319_Bacias_Hidrograficas.pdf. Acesso em: 25 abr. 2023.

VIEIRA, R. M. da S. P. et al. Characterizing spatio-temporal patterns of social vulnerability to droughts, degradation and desertification in the Brazilian northeast. **Environmental and Sustainability Indicators**, v. 5, n. December 2019, p. 1–9, 2020.

VOGT, J. V. et al. Drought Risk Assessment and Management. [s.l.] Joint Research Centre (JRC), 2018.

WILHITE, D. Introduction: Managing drought risk in a changing climate. *Climate Research*, v. 70, n. 2, p. 99–102, 27 out. 2016.

WILHITE, D. A.; GLANTZ, M. H. Understanding the Drought Phenomenon: The Role of Definitions. WATER INTERNATIONAL, 1985.

APÊNDICE I

Áreas ocupadas nos Projetos Públicos de Irrigação (PPIs) do Polo de Desenvolvimento Petrolina/Juazeiro em 2021

PPI	Ocupação (ha)	Ocupação familiar (ha) [%]	Ocupação empresarial (ha) [%]	Área de vinhedos (ha) [%]	Fonte
Bebedouro	1.892	1.034 [54,65]	858 [45,35]	301 [15,91]	[1]
Curaçá	4.169	1.783 [42,77]	2.386 [57,23]	725 [17,39]	[2]
Mandacaru	450	399 [88,66]	51 [11,34]	15,4 [3,42]	[3]
Manicoba	4.847	1.821 [37,57]	3.026 [62,43]	522 [10,77]	[4]
Nilo Coelho	18.051	12.027 [66,63]	6.024 [33,37]	6.077 [33,67]	[5]
Salitre - Etapa I (*)	5.099	1.684 [33,03]	2.772 [54,36]	-	[6]
Tourão	14.237	189 [1,33]	14.048 [98,67]	-	[7]
Total	48.745	18.937 [38,85]	29.165 [59,83]	7.640,4 [15,67]	

Fonte:

[1] Plano Operativo Anual 2021 – Bebedouro. Disponível em: <https://www.codevasf.gov.br/linhas-de-negocio/irrigacao/projetos-publicos-de-irrigacao/elenco-de-projetos/em-producao/bebedouro>

[2] Plano Operativo Anual 2021 – Curaçá. Disponível em: <https://www.codevasf.gov.br/linhas-de-negocio/irrigacao/projetos-publicos-de-irrigacao/elenco-de-projetos/em-producao/curaca>

[3] Plano Operativo Anual 2021 – Mandacaru. Disponível em: <https://www.codevasf.gov.br/linhas-de-negocio/irrigacao/projetos-publicos-de-irrigacao/elenco-de-projetos/em-producao/mandacaru>

[4] Plano Operativo Anual 2021 – Manicoba. Disponível em: <https://www.codevasf.gov.br/linhas-de-negocio/irrigacao/projetos-publicos-de-irrigacao/elenco-de-projetos/em-producao/manicoba>

[5] Plano Operativo Anual 2021 – Nilo Coelho. Disponível em: <https://www.codevasf.gov.br/linhas-de-negocio/irrigacao/projetos-publicos-de-irrigacao/elenco-de-projetos/em-producao/senador-nilo-coelho>

[6] Salitre Etapa I. Disponível em: <https://www.codevasf.gov.br/linhas-de-negocio/irrigacao/projetos-publicos-de-irrigacao/elenco-de-projetos/em-producao/salitre-etapa-i-ba>

[7] Plano Operativo Anual 2021 – Tourão. Disponível em: <https://www.codevasf.gov.br/linhas-de-negocio/irrigacao/projetos-publicos-de-irrigacao/elenco-de-projetos/em-producao/tourao>

Nota:

(*) No PPI Salitre, além da ocupação familiar e empresarial, a área irrigável é ocupada por “outros” em 643 ha (12.61%) do território.

Status dos PPIs Nilo Coelho e Bebedouro (2019 e 2020)

Variável	Nilo Coelho	Bebedouro
Ano de início da operação	1984	1968
Município(s)	Casa Nova (BA) e Petrolina (PE)	Petrolina (PE)
Área total (ha) ^{ac}	55.525	9.000,88
Área irrigável (ha) ^{bc}	23.610	1.874
Área irrigada/em produção (ha) ^{bc}	22.467	1.106
Área de reserva ambiental (ha) ^c	-	700
VBP (mi R\$) ^{bc}	1.555	49
VBP uva (mi R\$) ^c		39,4
Responsável	CODEVASF	CODEVASF
Área de vinhedo (ha) ^{bc}	6.076,1	301
Proporção da área de vinhedo/área irrigada (%) ^{bc}	27,1	27,2
Rendimento uva (t/ha) ^c	-	32
Nº de produtores de uva ^c	-	106
Sistemas de irrigação ^a	Microaspersão, aspersão convencional e gotejamento	Superfície, microaspersão e gotejamento
Canais (km) ^a	976	31

Adutoras (km) ^a	818	-
Estradas (km) ^a	711	45
Drenos (km) ^{ac}	263	70
Estações de bombeamento (nº) ^a	39	5
Capacidade dos reservatórios (m³) ^c	-	85.000
Nº de reservatórios ^{bc}	-	4
Volume água anual captado (10³m³) ^{bc}	156.022	19.390
Volume água anual fornecido (10³m³) ^{bc}	145.566	16.839
Eficiência do fornecimento (%)	93	87
Nº total de ocupantes ^{bc}	2.303	203
Nº de assentamentos ^c	-	3
Nº habitantes ^c	-	~ 4.000
Nº produtores individuais ^b	1.962	-
Área ocupada pelos produtores (ha) ^{bc}	11.656,09	954,32
Área irrigável produtores (ha) ^c	-	1.410,96
Proporção área irrigável/área ocupada produtores (%) ^c	-	67,64
Nº empresas ^b	369**	-
Área ocupada empresas (ha) ^{bc}	11.946,7	151,96
Área irrigável empresas (ha) ^c	-	448,1
Proporção área irrigável/área ocupada empresas (%) ^c	-	33,91
Nº agrovilas/núcleos habitacionais ^{bc}	11	7
Nº posto de saúde ^c	-	1
Nº escolas/creches ^{bc}	15	4
Nº associações de produtores (ativas) ^c	-	1
K2* fixo mensal (R\$/ha) ^{bc}	90,3	72,00
K2* variável (10³m³/ha) ^c	110,25	87,33

Notas: ^a Dados do Atlas de Irrigação referentes ao ano 2018/2019 (ANA, 2021). ^b Dados do Plano Operativo Anual do Projeto Nilo Coelho 2021, referentes a 2020. ^c Dados do Plano Operativo Anual do Projeto Bebedouro 2021, referentes a 2020. *Corresponde à tarifa mensal cobrada pelo uso da água. Leva em conta as despesas de operação e manutenção do distrito de irrigação, a quantidade de água fornecida e a área irrigável. **O Distrito de Irrigação Nilo Coelho classifica: pequenos usuários (até 7 ha); pequenas e média empresas (7,01 a 50 ha); grandes empresas (acima de 50 ha). Nesta tabela, as duas últimas categorias foram unificadas.

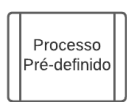
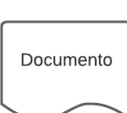
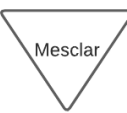
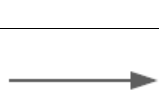
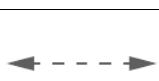
APÊNDICE II

Descrição dos itens da estrutura da tese (ver Introdução, seção 6: [Estrutura da tese](#))

Introdução	Pergunta 1		Pergunta 2	
	A viticultura praticada nos perímetros irrigados está preparada para períodos de seca mais recorrentes?		Os riscos climáticos influenciam a adoção pelos viticultores de técnicas de irrigação que visem a otimização do uso da água?	
	Hipótese 1		Hipótese 2	
	A viabilização da viticultura por conta da estrutura técnica oferecida pelos perímetros irrigados acaba não refletindo em estratégias de adaptação aos períodos de seca. Nesse sentido, a constância no abastecimento das áreas irrigadas dos PPIs mascara o cenário de escassez hídrica enfrentado no nível regional.		O período prolongado de seca afetou a vulnerabilidade socioclimática da viticultura irrigada de forma desigual, sendo essa acentuada entre pequenos produtores em relação à viticultura empresarial.	
	Objetivo geral			
	Analisar como os prolongados períodos de seca afetam as vulnerabilidades e as dinâmicas socioclimáticas relacionadas à viticultura praticada nos projetos públicos de irrigação Bebedouro e Nilo Coelho, localizados no Polo Petrolina/Juazeiro.			
	Objetivo específico 1		Objetivo específico 2	Objetivo específico 3
Analisar os impactos socioclimáticos causados pelos períodos de seca aos cultivos de uva e aos viticultores (produtividade, renda, modos de vida).		Evidenciar os principais fatores que influenciam as vulnerabilidades e dinâmicas socioclimáticas.	Compreender como os agricultores utilizam os recursos hídricos e se os modos de uso de água refletem estratégias de adaptação às secas.	
Capítulo 1	Contexto			
	Contextualização histórica e geográfica da área de estudo. Descrição fisiográfica, social e política. O semiárido brasileiro; A região hidrográfica do Vale do Rio São Francisco (VASF); A viticultura no VASF; Os PPIs Bebedouro e Nilo Coelho; O período 2010-2023 e a seca de 2011 a 2019.			
Capítulo 2	Abordagens teóricas			
	Abordagem de aspectos teóricos que auxiliem na explicação dos fenômenos e dinâmicas inerentes à área de estudo. Vulnerabilidade socioclimática; Personal Construct Theory (PCT).			
Capítulo 3	Artigo 1			
	No water, no grapes - Mapping water management perspectives for table grapes production under irrigation in the São Francisco River Valley, Brazil			
	Metodologia			
	Repertory Grid Technique and climatic calendar.			
	Dados			
Data obtained from interviews with key actors.				
Capítulo 4	Artigo 2			
	Socio-climatic vulnerability of irrigated viticulture to drought in the semi-arid region of Brazil			
	Metodologia			
	Mixed methods approach (qualitative and quantitative, biophysical and socioeconomic data)			
	Dados			
The analysis was done separately for the three dimensions of vulnerability: exposure, sensitivity and adaptive capacity. And, for Public Irrigation Projects Bebedouro and Nilo Coelho. Indicators, data sources and temporal scale are in Apêndice VIII.				

Capítulo 5	Discussão
	Apanhado geral dos achados de pesquisa e retomada da discussão teórica. Apontamentos das limitações de pesquisa, comunicação dos desafios e orientação para futuros desdobramentos e possibilidades de estudo sobre o tema.
	Considerações finais
	Destaque dos principais achados de pesquisa. Inserção de sugestões para tomadores de decisão e pesquisadores baseadas no estudo realizado ao longo da pesquisa.

Legenda dos símbolos do fluxograma (ver [Estrutura da tese](#))

Forma	Descrição
	Representa pontos de começo e fim de fluxogramas, e potenciais resultados de uma trajetória
	Um processo já denominado previamente. Ex: rotinas frequentes, módulos.
	Representa um processo, uma ação ou função.
	Representa o input/output de um documento, ou dados que podem ser lidos na forma impressa.
	Representa a preparação para uma ação ou passagem para o ponto seguinte.
	Representa dados que estão disponíveis, e recursos utilizados e gerados para executar o método e realizar as análises.
	Junção de soma. Representa a soma de inputs e a convergência de trajetórias.
	O "merge symbol". Representa a combinação de múltiplas trajetórias para formar apenas um caminho.
	Indica uma associação direta e unidirecional entre dois ou mais pontos do fluxograma.
	Indica uma associação bi ou multidirecional (complementar) entre pontos do fluxograma.
	Indica que intersecção e transversalidade entre pontos do fluxograma.

	Indica uma ligação direta e convergente entre dois ou mais pontos.
---	--

Nota: Os símbolos foram gerados pelo Lucidchart (<https://lucid.co/>). A descrição da notação utilizada no fluxograma é baseada em: <https://www.lucidchart.com/pages/flowchart-symbols-meaning-explained> e <https://www.conceptdraw.com/How-To-Guide/flowchart-symbols>

APÊNDICE III

Aqui são apresentados os 11 corolários que sustentam a Personal Construct Theory (PCT), que é base para a Repertory Grid Technique (RGT).

As definições estão colocadas nas palavras de George A. Kelly, publicadas em: KELLY, G. A. A Brief Introduction to Personal Construct Theory. In: FRANSELLA, F. (Ed.). **International Handbook of Personal Construct Psychology**. John Wiley & Sons, 2003. p. 3–20.

Um quadro semelhante e mais completo pode ser encontrado no Appendix 6, p. 277, do livro: JANKOWICZ, D. **The Easy Guide to Repertory Grids**. West Sussex, England: Wiley, 2004.

Elemento	Definição
Constructive alternativism	<i>(...) all our present perceptions are open to question and reconsideration, and it does broadly suggest that even the most obvious occurrences of everyday life might appear utterly transformed if we were inventive enough to construe them differently.</i>
Basic postulate of PCT	<i>A person's processes are psychologically channelized by the ways in which he/she anticipates events.</i>
Construction corollary	<i>A person anticipates events by construing their replications.</i>
Individuality corollary	<i>Persons differ from each other in their constructions of events.</i>
Organization corollary	<i>Each person characteristically evolves, for his/her convenience in anticipating events, a construction system embracing ordinal relationships between constructs.</i>
Dichotomy corollary	<i>A person's construction system is composed of a finite number of dichotomous constructs.</i>
Choice corollary	<i>A person chooses for him/herself that alternative in a dichotomized construct through which he/she anticipates the greater possibility for the elaboration of his/her system.</i>
Range corollary	<i>A construct is convenient for the anticipation of a finite range of events only.</i>
Experience corollary	<i>A person's construction system varies as he/she successively construes the replications of events.</i>
Modulation corollary	<i>The variation in a person's construction system is limited by the permeability of the constructs within whose ranges of convenience the variants lie.</i>
Fragmentation corollary	<i>A person may successively employ a variety of construction subsystems which are inferentially incompatible with each other.</i>
Commonality corollary	<i>To the extent that one person employs a construction of experience which is similar to that employed by another, his/her processes are psychologically similar to those of the other person.</i>
Sociality corollary	<i>To the extent that one person construes the construction processes of another, he/she may play a role in a social process involving the other person.</i>

APÊNDICE IV

Passo a passo para a aplicação do Repertory Grid

Etapa	Denominação	Descrição
1	Tópico	Pessoas possuem repertório para toda e qualquer coisa. Portanto, o tópico deve estar claro desde o começo.
2	Elementos	Os exemplos fornecidos aos entrevistados sobre o tópico. Esses exemplos podem ser pessoas, objetos, fatos, situações, frases, imagens.
3	Construtos	Unidade básica de descrição e análise, representam a construção da noção de mundo dos indivíduos. Ex.: pessoa afável em oposição a uma pessoa rude, dia quente e ensolarado em oposição a um dia frio e nublado, estratégia arriscada em oposição a uma estratégia segura.
4	Rating	Os elementos elencados são avaliados dentro de cada construto mencionado pelo entrevistado utilizando uma escala numérica que pode ser dicotômica (0 ou 1) ou discreta (geralmente escalas de 5 ou 7 pontos).
5	Análise	Os construtos que emergem e que são utilizados como parâmetro para classificar os elementos geram dados qualitativos e quantitativos que serão analisados por meio de análise de conteúdo e das seguintes técnicas estatísticas: multidimensional scaling, análise de componentes principais e decision tree.

Nota: esse quadro baseia-se em Home et al. (2010); Jankowicz (2004); Schweinsberg et al. (2012).

Lista inicial de categorias e elementos para a constituição do Repertory Grid

Elemento/Declaração	Categoria	Referência
1. Gotejamento (<i>surface drip irrigation</i>)	Tecnologias de irrigação	Davide et al. (2023)
2. Déficit hídrico controlado		Permanhani et al. (2016)
3. Alagamento		-
4. Sulcos		Du et al. (2013)
5. Microaspersão		Teixeira et al. (2007)
6. <i>Direct root zone irrigation</i>		Ma et al. (2020)
7. Estação meteorológica	Ferramentas de suporte	Mirás-Avalos and Araujo (2021)
8. Uso de tensiômetro		Mirás-Avalos and Araujo (2021)
9. Aplicativo/sistema de alerta de irrigação		Garofalo et al. (2023)
10. Cronograma fixo de irrigação		Stevens (2006)
11. Monitoramento da vazão do rio		Marques et al. (2020)
12. Monitoramento fisiológico (fluxo de seiva, variação do crescimento do tronco, índices de reflectância, temperatura do dossel, fluorescência da clorofila)		Cifre et al. (2005)
13. Monitoramento da salinidade do solo		Foster et al. (2018)
14. Manutenção do sistema de irrigação	Manejo do vinhedo	Medrano et al. (2015)
15. Plantas de cobertura do solo		Abad et al. (2023)
16. Cultivares e porta-enxertos		Costa et al. (2016)
17. Densidade de plantio		Van Leeuwen et al. (2024)

18.	Manejo do dossel		Pitts et al. (1995)
19.	Diversificação		Nicholas and Durham (2012)
20.	Conhecimento sobre viticultura e demanda hídrica da videira		Stevens (2006)
21.	Acesso à assistência técnica	Aspectos socioeconômicos	Belliveau et al. (2006)
22.	Acesso a crédito/financiamento agrícola		Belliveau et al. (2006)
23.	Acesso a seguro agrícola		Belliveau et al. (2006)
24.	Associativismo e cooperativismo		Costa et al. (2016)
25.	Situação fundiária		Mathieu (1995)
26.	Infraestrutura do distrito de irrigação		Yamashita and Tsukasa (2021)
27.	Certificações/exigência do mercado	Aspectos institucionais	Belliveau et al. (2006)
28.	Regulamentação, normas, leis		Nicholas and Durham (2012)

Essa lista com 28 elementos foi reduzida para 9, tal como é apresentado na seção [3 – Method and data](#) do Chapter 3. Apesar de ter sido definida pelo pesquisador, o que está de acordo com as diretrizes da RGT (Jankowicz, 2004). A escolha por esses elementos foi feita com base em uma consulta prévia a experts em agricultura irrigada. Optou-se por excluir elementos que representam tecnologias em desuso ou não aplicadas à produção de uvas de mesa (irrigação por alagamento e déficit hídrico controlado, por exemplo) e ferramentas de suporte com pouca aplicação no dia-a-dia vitícola, as quais, geralmente, são reservadas para apoio a pesquisas acadêmicas (monitoramento fisiológico, da vazão do rio e da salinidade do solo, por exemplo). Em relação ao manejo do vinhedo, optou-se por manter apenas a escolha de “cultivares e porta-enxertos” como uma possível estratégia de adaptação a períodos de déficit hídrico. Embora outras técnicas de manejo possam influenciar a demanda hídrica da planta (densidade do plantio e manejo do dossel, por exemplo), busca-se investigar como os atores veem a escolha do material genético como possível estratégia para adaptação às mudanças climáticas, como já sinalizado em estudos prévios (Neethling et al., 2017; Nicholas and Durham, 2012). Em relação aos aspectos socioeconômicos e institucionais, optou-se por eliminar os elementos redundantes. Por exemplo: “certificações/exigências do mercado” e “Regulamentação, normas, leis”; ou ainda, “Acesso a crédito/financiamento agrícola” e “Acesso a seguro agrícola”.

Referências:

- Abad, F.J., Marín, D., Imbert, B., Virto, I., Garbisu, C., Santesteban, L.G., 2023. Under-vine cover crops: Impact on physical and biological soil proprieties in an irrigated Mediterranean vineyard. *Scientia Horticulturae* 311, 111797. <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2022.111797>
- Akio, Y., Tsukasa, H., 2021. Sustainability of Irrigation Fruit Farming in Terms of Water Supply-demand Situation: Case Study of the Middle Basin of São Francisco River, Northeast Brazil. *Geog. Rev. Japan B* 94, 1–17. <https://doi.org/10.4157/geogrevjapanb.94.1>
- Assessing local climate vulnerability and winegrowers' adaptive processes in the context of climate change | Mitigation and Adaptation Strategies for Global Change [WWW Document], n.d. URL <https://link.springer.com/article/10.1007/s11027-015-9698-0> (accessed 1.17.25).
- Belliveau, S., Smit, B., Bradshaw, B., 2006. Multiple exposures and dynamic vulnerability: Evidence from the grape industry in the Okanagan Valley, Canada. *Global Environmental Change* 16, 364–378. <https://doi.org/10.1016/j.gloenvcha.2006.03.003>
- Cifre, J., Bota, J., Escalona, J.M., Medrano, H., Flexas, J., 2005a. Physiological tools for irrigation scheduling in grapevine (*Vitis vinifera* L.). *Agriculture, Ecosystems & Environment, Photosynthesis and Abiotic Stresses* 106, 159–170. <https://doi.org/10.1016/j.agee.2004.10.005>
- Cifre, J., Bota, J., Escalona, J.M., Medrano, H., Flexas, J., 2005b. Physiological tools for irrigation scheduling in grapevine (*Vitis vinifera* L.). *Agriculture, Ecosystems & Environment* 106, 159–170. <https://doi.org/10.1016/j.agee.2004.10.005>
- Costa, J.M., Vaz, M., Escalona, J., Egipto, R., Lopes, C., Medrano, H., Chaves, M.M., 2016. Modern viticulture in southern Europe: Vulnerabilities and strategies for adaptation to water scarcity. *Agricultural Water Management, Enhancing plant water use efficiency to meet future food production* 164, 5–18. <https://doi.org/10.1016/j.agwat.2015.08.021>
- Davide, B., Martino, B., Lucio, B., Sara, C., Daniele, F., Daniele, M., Davide, M., Bianca, O., Carola, P., Claudio, G., 2023. Effect of multifunctional irrigation on grape quality: a case study in Northern Italy. *Irrigation Science* 41, 521–542. <https://doi.org/10.1007/s00271-022-00837-4>
- Du, T., Kang, S., Yan, B., Zhang, J., 2013. Alternate Furrow Irrigation: A Practical Way to Improve Grape Quality and Water Use Efficiency in Arid Northwest China. *Journal of Integrative Agriculture* 12, 509–519. [https://doi.org/10.1016/S2095-3119\(13\)60252-X](https://doi.org/10.1016/S2095-3119(13)60252-X)
- Foster, S., Pulido-Bosch, A., Vallejos, Á., Molina, L., Llop, A., MacDonald, A.M., 2018. Impact of irrigated agriculture on groundwater-recharge salinity: a major sustainability concern in semi-arid regions. *Hydrogeol J* 26, 2781–2791. <https://doi.org/10.1007/s10040-018-1830-2>
- Garofalo, S.P., Intrigliolo, D.S., Camposeo, S., Alhaji Ali, S., Tedone, L., Lopriore, G., De Mastro, G., Vivaldi, G.A., 2023. Agronomic Responses of Grapevines to an Irrigation Scheduling Approach Based on Continuous Monitoring of Soil Water Content. *Agronomy* 13, 2821. <https://doi.org/10.3390/agronomy13112821>

Ma, X., Sanguinet, K.A., Jacoby, P.W., 2020. Direct root-zone irrigation outperforms surface drip irrigation for grape yield and crop water use efficiency while restricting root growth. *Agricultural Water Management* 231, 105993. <https://doi.org/10.1016/j.agwat.2019.105993>

Marques, E.A.G., Silva Junior, G.C., Eger, G.Z.S., Ilambwetsi, A.M., Raphael, P., Generoso, T.N., Oliveira, J., Júnior, J.N., 2020. Analysis of groundwater and river stage fluctuations and their relationship with water use and climate variation effects on Alto Grande watershed, Northeastern Brazil. *Journal of South American Earth Sciences* 103, 102723. <https://doi.org/10.1016/j.jsames.2020.102723>

Mathieu, P., 1995. Social relationships and effective irrigation projects: Two sahelian experiences. *Irrig Drainage Syst* 9, 39–58. <https://doi.org/10.1007/BF00881587>

Medrano, H., Tomás, M., Martorell, S., Escalona, J.-M., Pou, A., Fuentes, S., Flexas, J., Bota, J., 2015. Improving water use efficiency of vineyards in semi-arid regions. A review. *Agron. Sustain. Dev.* 35, 499–517. <https://doi.org/10.1007/s13593-014-0280-z>

Mirás-Avalos, J.M., Araujo, E.S., 2021. Optimization of Vineyard Water Management Challenges, Strategies, and Perspectives. *Water* 13, 1–32.

Nicholas, K.A., Durham, W.H., 2012. Farm-scale adaptation and vulnerability to environmental stresses: Insights from winegrowing in Northern California. *Global Environmental Change, Adding Insult to Injury: Climate Change, Social Stratification, and the Inequities of Intervention* 22, 483–494. <https://doi.org/10.1016/j.gloenvcha.2012.01.001>

Permanhani, M., Costa, J.M., Conceição, M.A.F., De Souza, R.T., Vasconcellos, M.A.S., Chaves, M.M., 2016. Deficit irrigation in table grape: eco-physiological basis and potential use to save water and improve quality. *Theor. Exp. Plant Physiol.* 28, 85–108. <https://doi.org/10.1007/s40626-016-0063-9>

Pitts, D.J., Bianchi, M.L., Peterson, K.S., 1995. Irrigation Scheduling of Wine Grapes Under Conditions of Limited Canopy. *Proceedings of Florida State Horticultural Society* 108, 323–333.

Stevens, J.B., 2006. Adoption of irrigation scheduling methods in South Africa. University of Pretoria, Pretoria.

Teixeira, A.H. de C., Bastiaanssen, W.G.M., Bassoi, L.H., 2007. Crop water parameters of irrigated wine and table grapes to support water productivity analysis in the São Francisco River basin, Brazil. *Agricultural Water Management* 94, 31–42. <https://doi.org/10.1016/j.agwat.2007.08.001>

Van Leeuwen, C., Sgubin, G., Bois, B., Ollat, N., Swingedouw, D., Zito, S., Gambetta, G.A., 2024. Climate change impacts and adaptations of wine production. *Nat Rev Earth Environ* 5, 258–275. <https://doi.org/10.1038/s43017-024-00521-5>



#1 - Gotejamento



#2 – Micro-aspersão



#3 – Cultivares e porta-enxertos



#4 – Armazenamento e reuso da água



#5 – Estação meteorológica e tensiômetro



#6 – Cronograma fixo de irrigação



#7 – Acesso a seguro e crédito agrícola



#8 – Cooperativismo e associativismo



#9 – Certificações e requerimentos de compradores

drip - #1 - <https://mazeros.com/wp-content/uploads/2022/08/wine-grapes-irrigation.jpg>
micro-sprinkler_1 - #2 - <https://encrypted-tbn0.gstatic.com/images?q=tbn:ANd9GcQmkLDJK76pe7YOVfoHbWlxPyaSVwwhQRZAi61KWuT15gF3dhAmdgON3DnXK8rX5n2iWYI&usqp=CAU>
cultivar - #3 - http://www.purafuta.com.br/site2018/wp-content/uploads/2018/08/isis_sem-sementes.jpg
storage - #4 - <https://bloximages.newyork1.vip.townnews.com/yakimaherald.com/content/tncms/assets/v3/editorial/d/63/d6385bf0-0c9e-11ee-a13e-4b81b5ec0de3/648cf25b55afe.hires.jpg>
meteo_station - #5 - https://novalynx.com/store/pc/catalog/110-ws-25_1307_detail.jpg
tensiometer - #5 - https://raks.com.br/wp-content/uploads/2021/07/tensiometro_raks2-1024x1024.jpg
schedule - #6 - <https://www.sabesim.com.br/wp-content/uploads/2015/04/Quanto-tempo-voc%C3%AA-deveria-investir-em-um-calend%C3%A1rio-de-tarefas.jpg>
insurance - #7 - <https://akkwa.com.br/wp-content/uploads/2022/02/CPR-verde.jpeg>
coop - #8 - <https://moodle.ifsc.edu.br/pluginfile.php/62835/course/overviewfiles/coop.jpg>
norms - #9 - <https://www.gov.br/compras/pt-br/images/iconesDiversos/checklist.png/@images/image>

TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO (TCLE)**A viticultura em perímetros irrigados: vulnerabilidades e dinâmicas socioclimáticas no Polo****Petrolina/Juazeiro****Luiz Gustavo Lovato, Prof. Dr. Jurandir Zullo Junior, Prof. Dr. Roberto Luiz do Carmo****Número do CAAE: 68428423.7.0000.8142**

Prezado(a), você está sendo convidado(a) a participar como voluntário(a) de uma pesquisa. Este documento, chamado Termo de Consentimento Livre e Esclarecido (TCLE), visa informar seus direitos como participante e é elaborado em duas vias, uma que deverá ficar com você e outra com o pesquisador.

Por favor, leia com atenção e calma, aproveitando para esclarecer suas dúvidas. Se houver perguntas antes ou mesmo depois de assiná-lo, você poderá esclarecê-las com o pesquisador. Não haverá nenhum tipo de penalização ou prejuízo se você não aceitar participar ou retirar sua autorização em qualquer momento.

Justificativa e objetivos:

Esta pesquisa tem como principal objetivo compreender como você enxerga a utilização da água na produção de uvas de mesa nos perímetros irrigados do Vale do Submédio do Rio São Francisco.

Meu interesse final como pesquisador é analisar quais são os fatores mais importantes para o manejo da irrigação na produção de uvas de mesa e para a elaboração de estratégias de adaptação às mudanças do clima na região.

Procedimentos:

A entrevista e a coleta de dados serão conduzidas de forma presencial e em um ambiente a ser acordado entre o pesquisador e o participante. Deve ser resguardada a privacidade do participante ao longo da entrevista, sem a interrupção ou acompanhamento de terceiros.

O tempo necessário para completar a pesquisa é estimado em 1 hora.

Ao aceitar participar da pesquisa você responderá a questões que visam coletar os seguintes dados:

- 1) Perfil sociodemográfico.
- 2) Sua percepção a respeito das principais semelhanças ou diferenças entre as práticas e formas de produção de uvas de mesa sob irrigação no Vale do São Francisco.
- 3) Sua percepção sobre a sazonalidade e variabilidade do clima da região.

De forma colaborativa, lhe auxiliarei a preencher uma tabela com alguns termos relacionados ao uso da água na produção de uvas de mesa para, depois, classificá-los com base nesses termos. Além disso, lhe instruirei para o preenchimento de um calendário climático referente à região.

Após seu consentimento, iniciarei a gravação em áudio de nossa entrevista. Os dados coletados por meio da entrevista e do preenchimento da tabela serão transcritos para um arquivo digital e o registro em papel será armazenado em um arquivo físico que ficará sob os cuidados do pesquisador por pelo menos 5 anos. Suas percepções serão analisadas com ferramentas estatísticas e de análise de conteúdo que visam identificar os padrões, as tendências e a relevância dos fatores mencionados.

Desconfortos e riscos:

Não há riscos previstos à sua saúde física ou mental. É assegurada a retirada do consentimento e exclusão dos seus dados se você assim o quiser, a qualquer momento, bastando enviar um e-mail para o pesquisador (luizglovato@gmail.com).

Benefícios:

Não há benefícios diretos aos participantes desta pesquisa, entretanto espera-se que ela acarrete em impacto coletivo e social ao contribuir para o debate acerca das estratégias técnicas e sociais de adaptação da viticultura irrigada às mudanças do clima e eventos climáticos e meteorológicos extremos.

Esta pesquisa não envolve nenhum custo ou remuneração financeira às(aos) participantes.

Sigilo e privacidade:

Asseguramos seu anonimato. Seus dados pessoais não serão divulgados ou compartilhados com qualquer pessoa que não seja o pesquisador e seus orientadores e, no ato da divulgação de qualquer resultado desse estudo, nenhum nome será citado. Ainda assim, às(aos) participantes fica assegurado o acesso aos resultados desta pesquisa, garantindo o sigilo em relação aos dados de qualquer outro participante.

Ressarcimento e Indenização:

A equipe de pesquisa garante que você não terá qualquer custo. Qualquer custo que você tiver para participar da pesquisa, previsto ou não, não importando a natureza do custo, será ressarcida pela equipe de pesquisa.

Você terá a garantia ao direito à indenização diante de eventuais danos decorrentes da pesquisa quando comprovados nos termos da legislação vigente.

Acompanhamento e assistência:

A qualquer momento você poderá entrar em contato com os pesquisadores para esclarecimentos e assistência sobre qualquer aspecto da pesquisa, através dos contatos abaixo. Você receberá

assistência integral e imediata, de forma gratuita, pelo tempo que for necessário em caso de danos decorrentes da pesquisa.

Contato:

Em caso de dúvidas sobre a pesquisa, se precisar consultar esse registro de consentimento ou quaisquer outras questões, você poderá entrar em contato com os pesquisadores:

- 1) Luiz Gustavo Lovato. Endereço: NEPAM/UNICAMP (Núcleo de Estudos e Pesquisas Ambientais/Universidade Estadual de Campinas), Rua dos Flamboyants, 155, Cidade Universitária, Campinas/SP, CEP 13083-867. Telefone: (54) 9 9959 4618. E-mail: luizglovato@gmail.com
- 2) Jurandir Zullo Junior. Endereço: CEPAGRI/UNICAMP (Centro de Pesquisas Meteorológicas e Climáticas Aplicadas à Agricultura/Universidade Estadual de Campinas), Cidade Universitária “Zeferino Vaz”, Campinas/SP, CEP 13083-970. Telefone: (19) 3521 2461. E-mail: jurandir@unicamp.br
- 3) Roberto Luiz do Carmo. Endereço: NEPO/UNICAMP (Núcleo de Estudos de População Elza Berquó/Universidade Estadual de Campinas), Avenida Albert Einstein, Cidade Universitária, Campinas/SP, CEP 13083-852. Telefone: (19) 3521 5893. E-mail: roberto@nepo.unicamp.br

Em caso de denúncias ou reclamações sobre sua participação e sobre questões éticas do estudo, você poderá entrar em contato com a secretaria do Comitê de Ética em Pesquisa em Ciências Humanas e Sociais (CEP-CHS) da UNICAMP das 08h30 às 11h30 e das 13h00 às 17h00 na Rua Bertrand Russell, 801, Bloco C, 2º piso, sala 05, CEP 13083-865, Campinas – SP; telefone (19) 3521-6836; e-mail: cepchs@unicamp.br.

Havendo a necessidade de intermediação da comunicação em Libras você pode fazer contato com a Central TILS da Unicamp no site <https://www.prg.unicamp.br/tils/>.

O Comitê de Ética em Pesquisa (CEP)

O papel do CEP é avaliar e acompanhar os aspectos éticos de todas as pesquisas envolvendo seres humanos. A Comissão Nacional de Ética em Pesquisa (CONEP), tem por objetivo desenvolver a regulamentação sobre proteção dos seres humanos envolvidos nas pesquisas. Desempenha um papel coordenador da rede de Comitês de Ética em Pesquisa (CEPs) das instituições, além de assumir a função de órgão consultor na área de ética em pesquisas.

Consentimento livre e esclarecido:

Após ter recebido esclarecimentos sobre a natureza da pesquisa, seus objetivos, métodos, benefícios previstos, potenciais riscos e o incômodo que esta possa acarretar, aceito participar:

Nome do(a) participante: _____

_____ Data: ____/____/____.
(Assinatura do participante)

Responsabilidade do Pesquisador:

Asseguro ter cumprido as exigências da resolução 510/2016 CNS/MS e complementares na elaboração do protocolo e na obtenção deste Termo de Consentimento Livre e Esclarecido. Asseguro, também, ter explicado e fornecido uma via deste documento ao participante. Informo que o estudo foi aprovado pelo CEP perante o qual o projeto foi apresentado e pela CONEP, quando pertinente. Comprometo-me a utilizar o material e os dados obtidos nesta pesquisa exclusivamente para as finalidades previstas neste documento ou conforme o consentimento dado pelo participante.

Data: ____/____/____.

(Assinatura do pesquisador)

Perfil Sociodemográfico

Participante #: _____ Data: ____ / ____ / ____

1) Gênero:

() Masculino () Feminino () Outro () Prefiro não declarar

2) Idade (anos): _____

3) Área em que atua: _____

4) Anos de experiência na área em que atua: _____

5) Cidade/UF natal: _____

6) Há quantos anos vive na região de Petrolina/Juazeiro? _____

7) Local onde atua: () Bebedouro () Nilo Coelho ()

Outro: qual? _____

8) Detém outorga/direitos para o uso da água para irrigação?

() Sim () Não () Não se aplica

Gostaria de receber os resultados desta pesquisa? Por favor, deixe um e-mail ou WhatsApp para contato: _____

Roteiro Repertory Grid Technique

Você será apresentado(a) a 9 distintas declarações, descritas em cartões individuais, que representam aspectos que envolvem o uso da água na produção de uvas de mesa sob irrigação nos projetos públicos de irrigação do Vale do Rio São Francisco. Essas declarações serão apresentadas sempre em trios. Eu reconheço que há outras que poderiam ser representadas aqui. De qualquer forma, meu interesse ao longo da entrevista é saber quais as principais semelhanças ou diferenças entre essas práticas e por que você sustenta esse ponto de vista. De forma colaborativa, lhe auxiliarei a preencher uma tabela com alguns termos e depois classificar cada declaração/cartão com base nos termos que você achar pertinente.

Não há respostas certas ou erradas, simplesmente o seu ponto de vista sobre o assunto, sem julgamentos.

Ao longo do exercício da pesquisa, sinta-se à vontade para pensar em voz alta, isso pode lhe ajudar a ponderar sobre suas escolhas antes de realizar o preenchimento da resposta.

Instruções:

1) Para cada combinação de 3 declarações que serão apresentadas, leia atentamente cada uma das declarações e responda às seguintes perguntas:

Em relação ao uso da água para irrigação na produção de uvas nos projetos públicos de irrigação do Vale do São Francisco, você pode identificar de que modo dois desses cartões são similares entre si e diferentes do terceiro? O que esses dois cartões têm em comum e como eles se opõem ao terceiro? Observação: Não há problema se você não vê semelhanças ou diferenças entre as declarações. Nesse caso, partiremos para outra combinação de declarações;

2) Na coluna da esquerda iremos escrever o termo que melhor descreve e identifica a semelhança entre dois dos três cartões apresentados;

3) Na coluna da direita, na mesma linha, iremos escrever o termo que melhor descreve e identifica o único cartão que se diferencia dos outros dois;

4) Quando os pontos de semelhança e diferença forem identificados por você, eu lhe perguntarei por que esse ponto é importante;

5) Após isso, eu lhe pedirei para classificar as 3 declarações em uma escala de 1 a 5 (1, 2, 3, 4 ou 5), sendo 1 = mais para a coluna da esquerda; 3 = neutro; e 5 = mais para a coluna da direita;

6) Então, lhe pedirei para classificar os outros 6 cartões utilizando a mesma escala de 1 a 5;

7) Os passos anteriores serão repetidos com mais uma combinação de 3 cartões até que esgotemos seus pontos de vista sobre a utilização da água na produção de uvas de mesa nos perímetros irrigados do Vale do Submédio do Rio São Francisco. Essa etapa do processo poderá ser repetida entre 8 e 12 vezes, podendo se estender mais vezes. Ou, até mesmo pode ser interrompida mesmo com poucos construtos revelados, a depender de como você se sentir ao longo da pesquisa e de como o tópico se desdobra com base em seu ponto de vista.

Suas respostas serão registradas em uma tabela e será utilizada uma caneta esferográfica para registrá-las.

Observação 1: Um rascunho pode ser disponibilizado a qualquer momento para esboçar esses registros.

Random triads for RGT

Order	Triad		
#1	1	5	3
#2	7	8	2
#3	4	7	6
#4	9	2	3
#5	8	5	1
#6	6	1	4
#7	7	5	9
#8	8	2	4
#9	1	3	6
#10	4	8	6
#11	3	9	7
#12	2	5	9
#13			
#14			
#15			
#16			
#17			
#18			
#19			
#20			

The triads were generated on AppSorteos creator of teams and random groups, based on 9 elements (<https://app-sorteos.com/en>).

Criteria for exclusion of a triad: an element should not occur more than four times; all elements should occur at least once; when a triad repeated elements changing only their order of appearance.

Aplicação do calendário climático

Este é o último momento, já estamos indo para o final da entrevista.

Nesta etapa, eu gostaria que você fizesse um exercício de memória e descrevesse, em termos simples, quais são as estações chuvosas e secas do ano mais seco que você tem lembrança, do ano mais chuvoso que você tem lembrança e de um ano que você considera normal. Lembrando que você deve sempre pensar na região de Petrolina/Juazeiro.

- 1) Vamos começar com um ano normal. Pense no comportamento de chuvas e períodos secos de um ano que você considera típico na região. Por favor, preencha com a cor laranja os meses secos desse ano e com a cor azul os meses mais chuvosos.
- 2) Agora mencione qual o ano mais seco do qual você tem memória. Após anotado o ano, por favor, preencha com a cor laranja os meses secos desse ano e com a cor azul os meses mais chuvosos. Como o clima se comportou nesse ano? Falta de água, ondas de calor? Chuvas fortes, ventos, frio? Quais foram os principais impactos (viticultura, agricultura, infraestrutura)?
- 3) Por fim, mencione qual o ano mais chuvoso do qual você tem memória. Após anotado o ano, por favor, preencha com a cor laranja os meses secos desse ano e com a cor azul os meses mais chuvosos. Como o clima se comportou nesse ano? Chuvas fortes, ventos, frio? Quais foram os principais impactos (viticultura, agricultura, infraestrutura)?

Pronto, terminamos.

Muito obrigado pela sua participação!

Aplicação do calendário climático (Grid)

Identificação do participante (#): _____ Data: ____ / ____ / ____

Ano normal: _____

JANEIRO FEVEREIRO MARÇO ABRIL MAIO JUNHO JULHO AGOSTO SETEMBRO OUTUBRO NOVEMBRO DEZEMBRO

--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--

Ano seco: _____

JANEIRO FEVEREIRO MARÇO ABRIL MAIO JUNHO JULHO AGOSTO SETEMBRO OUTUBRO NOVEMBRO DEZEMBRO

--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--

Principais impactos?

Ano chuvoso: _____

JANEIRO FEVEREIRO MARÇO ABRIL MAIO JUNHO JULHO AGOSTO SETEMBRO OUTUBRO NOVEMBRO DEZEMBRO

--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--

Principais impactos?

APÊNDICE V

Repertory Grid Technique (RGT) – Content analysis

Main goal:

This document is part of Luiz Gustavo Lovato's PhD thesis. It aims to describe the roadmap to content analysis of the data gathered among interviewees during the fieldwork. The following analysis supports the thesis' Chapter 3.

Step-by-step

A total amount of 87 constructs was obtained with the interviews. An average number of 5.12 constructs per person (17 interviewees). The number of constructs elicited varied from 3 to 8 constructs per person.

The categorization of constructs is based on the Bootstrapping Technique mentioned in Jancowicz (2004).

1. What are the content and context units?

It responds to what is the basic idea that is being categorized (content analysis) and where this idea is located (context unit). It could be a sentence, a phrase or even a paragraph. In this study, the basic unit of analysis is the construct, which is both the content and context units. Summarizing, each construct carries its unit of meaning.

2. The core categorization procedure

2.1 Transcribe the constructs elicited in each grid to paper cards, coding each construct according to the interviewee. For instance, the code "4.2" means that it is the second construct elicited by the fourth interviewee.

2.2 Start to compare the cards (constructs) one against another. Beginning from the first grid, take the first two constructs. If they are somehow similar, place them together. Otherwise, if they are different, place them in separate heaps.

Each heap corresponds to one category that you have created. That category could be modified at any moment during the procedure.

2.3 The same procedure of comparison is applied to the remaining constructs. If necessary, create new categories. Make an effort to allocate all the cards in their respective categories (heaps).

2.4 It is possible, in the end, that a few items remain unclassifiable. Besides, it is meaningless to create a one-item category. Then, place those items in the “others” or “miscellaneous” category. No more than 5% of items should be categorized as “others”.

3. The generic content analysis procedure

3.1 Identify and allocate the constructs into categories by applying steps 2.1 to 2.4 described above (the core categorization procedure).

3.2 Tabulate the results of early categorization. On a large sheet of paper, create a set of rows, one for each category. Label each row with its category name. That one will be the first column on the left, the “category” column. The second column must hold a short definition of the category. Then, in the third column, write down the codes of the constructs allocated in that category.

3.3 The reliability test of categorization must be applied. To avoid bias, more than one person should do the procedure. Thus, the reproducibility and accuracy of the process could be guaranteed. It means that, if a counterpart repeats the procedure, that independent categorization should achieve very similar results. After your categorization, invite a colleague to repeat the procedure above based on his/her criteria (steps 2.1 to 2.4 of the core categorization procedure, and 3.1 to 3.2 of the generic content analysis procedure).

3.4 The aim is to compare to what extent both categorizations agree. Therefore, take both categorization sheets. Then, create a new table (reliability table) with rows showing the categories you created, and the columns showing the categorization your collaborator created.

3.5 Discuss the meaning of all categories. Place the categories both of you agree on in the same order (i.e. 1st column and 1st row, and so on, from top to down,

and from left to right). It means that the meanings you share will be located in the top-left of the table, and the categories you do not agree with will be in the opposite area.

3.6 Now, you and the collaborator will allocate the constructs categorized in the core categorization procedure in the correspondent categories recorded on the reliability table (created in step 3.4). Write down the construct code on the matrix cells. Remember, while discussing the agreement on categories and the allocation of constructs, the rearrangement of categories and constructs is allowed.

3.7 Measure the reliability or agreement regarding the categorization. So, calculate Index A and Index B. The Index A is the number of constructs that lie in the diagonal of the table and are allocated in the categories where there is agreement in definition. This number is expressed as a percentage of the total number of constructs in the table. The Index B is the percentage of constructs that lie in the diagonal only for the categories both of you agree. Therefore, Index B is larger than Index A. The aim is to reach at least 90% of agreement and no categories left.

3.8 If 90% of agreement is not achieved on the first try, discuss categories and allocation of constructs until that proportion is reached.

3.9 After an agreement, you and the collaborator must repeat, in an independent way, the core categorization procedure, the tabulation and the reliability test using the new categories.

3.10 Report the reliability. You can use a minimum of 90% for Index B or the Perrault-Leigh intercoder reliability index (minimum 0.90 in a 95% confidence interval).

3.11 The equation used to calculate the “index of reliability” (I_r) was proposed by Perrault and Leigh in 1989, as reported in Grayson and Rust (2001) (equation 1).

$$I_r = \sqrt{\left(p_a - \frac{1}{c}\right) \left(\frac{c}{c-1}\right)} \quad (1)$$

Where I_r is the index of reliability; p_a is the proportion of agreed judgments; and c is the number of categories defined. This equation allows estimating the standard error for I_r , according to equation 2:

$$S_I = \sqrt{\frac{I_r(1-I_r)}{n}} \quad (2)$$

Where S_I is the standard error of the index of reliability; and n is the total number of constructs. Both equations 1 and 2 can be used to form a confidence interval, testing the significance of I_r if $p < 0.05$. Equation 3 summarizes the significance test:

$$I_r \pm (1,96)S_I \quad (3)$$

3.12 Summarize the categorization table and organize data by naming the categories in the first column. In the second column, write down a definition or meaning for each category. The third column is reserved to show what are the constructs attached to each category. Thus, record the codes in the third column. In the fourth column, record the absolute and relative frequencies of constructs in each category. Ordinate the categories by their frequencies, from larger to minor (top-down).

3.13 Do a differential analysis. You can recount the number of constructs separating them by subgroups of your interest. In this study, there are four subgroups: table grape growers (9), researchers (4), irrigation district managers (2) and public administrators (2). For the category presenting the larger frequency, how many constructs are attributed to the table grape growers? And for the researchers? Repeat this procedure for every subgroup of interest. The entry is the number of constructs mentioned for the interviewees of one specific subgroup in each category. The percentage is relative to the total of constructs elicited in that subgroup.

3.14 Wondering if there is statistical significance in the differential analysis among the subgroups, apply chi-squared or Fisher's Exact Probability Test.

3.15 Report the results of the statistical test in the final table.

----- Results

The 1st round of categorization happened in October 2023. Below it is presented the results of the author and collaborator's categorizations. In Table V-2, the categories are ordered considering the number of constructs in it (larger to minor). The table contains the names of the categories, a brief definition of them and the respective construct codes. Table VI-3 shows the results of the reliability test.

Table V-1. List of constructs

Interviewee	Triad (elements)	Similarity	Construct	Construct (left-right)
#01	1, 5, 3	1, 5	1.1	Measurement - Does not take measurements into account
	7, 8, 2	7, 8	1.2	Organization of producers - Individual
	4, 7, 6	4, 6	1.3	Water availability - Water insecurity
	9, 2, 3	9, 3	1.4	Meets demand - Does not meet demand
	8, 5, 1	5, 1	1.5	Requires technical guidance - Does not require technical guidance
	6, 1, 4	1, 4	1.6	Rational use - Irrational use (waste)
	7, 5, 9	7, 5	1.7	Agricultural climate risk zoning - Disregards crop suitability
	8, 2, 4	8, 4	1.8	Collective use of water - Individual use of water
#02	1, 5, 3	1, 5	2.1	Rational irrigation management depends on... - Rational irrigation management does not depend on...
	7, 8, 2	7, 8	2.2	Relates to the financial management of the agricultural business - Not related to the financial management of the agricultural business
	4, 7, 6	4, 6	2.3	Related to water consumption for irrigation - Not related to water consumption for irrigation
	9, 2, 3	2, 3	2.4	Technical aspects of cultivation - Not related to technical aspects of cultivation
	8, 5, 1	5, 1	2.5	Facilitating access to demanding markets - Does not relate to the market or commercialization
	6, 1, 4	1, 4	2.6	It favors water use savings - It does not favor water use savings
	7, 5, 9	7, 9	2.7	Economic viability of the business - Not related to the economic viability of the business
#03	1, 5, 3	1, 5	3.1	Water volume planning - Water waste
	7, 8, 2	7, 8	3.2	Depends on third parties - Autonomy
	4, 7, 6	4, 6	3.3	Day to day - Occasional
	9, 2, 3	2, 3	3.4	Agronomic/Technical - Commercial
	8, 5, 1	5, 1	3.5	Intrinsic to the district - Extrapolates the district
	6, 1, 4	6, 1	3.6	Grape cultivation - Public Irrigation Project operation
#04	1, 5, 3	1, 5	4.1	Efficient irrigation management - Indiscriminate use of water
	1, 5, 3	1, 5	4.2	Integrated pest and disease management - Control based on fixed calendar
	7, 8, 2	7, 8	4.3	Directly related to water use - Beyond water use

	9, 2, 3	9, 3	4.4	Serves the market/consumer - Focused on production
#05	1, 5, 3	1, 5	5.1	Ideal - It's doable
	7, 8, 2	7, 8	5.2	Easy to implement - Harder to implement
	4, 7, 6	4, 6	5.3	Control of the amount of water - Does not help with the control
	9, 2, 3	9, 3	5.4	Helps achieve a better price - Does not directly help the final price
#06	1, 5, 3	1, 5	6.1	Efficiency of water use - Does not influence water use
	7, 8, 2	7, 8	6.2	Enables access to technology - Difficult to access technology
	4, 7, 6	4, 7	6.3	Proper use - Waste of water
	9, 2, 3	2, 3	6.4	Basic - Accessory
	8, 5, 1	5, 1	6.5	Greater technology - Less technology
#07	1, 5, 3	1, 5	7.1	Gains in productivity - Does not increase productivity
	7, 8, 2	8, 2	7.2	Determines production success - Does not determine production success
	4, 7, 6	4, 7	7.3	Basic items for starting the activity - Items after implementation
	9, 2, 3	2, 3	7.4	Productive - Commercial
	8, 5, 1	8, 1	7.5	Indispensable - Dispensable
	6, 1, 4	1, 4	7.6	Support decision making - Do not support decision making
#08	1, 5, 3	1, 5	8.1	Provide data for decision making - Do not provide
	7, 8, 2	7, 8	8.2	Competitiveness - Disorganization
	4, 7, 6	4, 6	8.3	Applies - Does not apply
	9, 2, 3	9, 3	8.4	Price stability in sales - Uncertainty in sales
	8, 5, 1	8, 1	8.5	Cost reduction - High cost
	6, 1, 4	1, 4	8.6	Guarantees water availability for a longer time - Does not guarantee availability
	7, 5, 9	7, 9	8.7	Allows market access (exports and major markets) - Local markets and fairs (volatile)
#09	1, 5, 3	1, 5	9.1	Essential - Not very essential
	7, 8, 2	8, 2	9.2	Union - Individualism
	4, 7, 6	4, 6	9.3	Water use - Not related to water use
#10	1, 5, 3	1, 5	10.1	Integrated - Independent

	7, 8, 2	7, 8	10.2	Facilitates access to costing of production/investment - Does not contribute to access to financing
	4, 7, 6	4, 7	10.3	Guarantees production - Does not guarantee production
	9, 2, 3	2, 3	10.4	Guarantees production quality - Does not guarantee production quality
	8, 5, 1	5, 1	10.5	Commercialization - Production
	8, 5, 1	5, 1	10.6	Contributes to water use efficiency - Does not contribute to efficiency
#11	1, 5, 3	1, 5	11.1	Monitors the need for irrigation - Lack of knowledge of irrigation technique
	7, 8, 2	8, 2	11.2	Collective initiative - Individual initiative
	4, 7, 6	4, 6	11.3	Technical - Financial/economic
	9, 2, 3	2, 3	11.4	Production - Sales/Commercial
	6, 1, 4	1, 4	11.5	Rational use of water - Excessive use of water
	7, 5, 9	5, 9	11.6	Control of resource use - Risk
#12	1, 5, 3	1, 5	12.1	Proper irrigation management - Improper irrigation management
	7, 8, 2	7, 8	12.2	Collective action - Individual action
	4, 7, 6	4, 6	12.3	Forecast/scheduling - Lack of planning
	9, 2, 3	9, 3	12.4	Market access - Difficulty in accessing the market
	6, 1, 4	1, 4	12.5	Advanced irrigation technology - Empiricism
	7, 5, 9	5, 9	12.6	Public - Private
#13	1, 5, 3	1, 5	13.1	Irrigate with information - Irrigate without information
	7, 8, 2	7, 2	13.2	Enables irrigation - Does not enable irrigation
	4, 7, 6	4, 6	13.3	Productive/technical aspect - Economic aspect
	9, 2, 3	2, 3	13.4	Influences the amount of water use - Does not influence the amount of water use
	6, 1, 4	1, 4	13.5	Necessary for irrigation - Sub-necessary
#14	1, 5, 3	1, 5	14.1	It helps to define the water volume - It does not help to define the water volume
	7, 8, 2	7, 8	14.2	Access to financial resources - No access to credit and financial resources
	4, 7, 6	4, 6	14.3	Water volume guarantee - Does not guarantee the water volume
	9, 2, 3	2, 3	14.4	Influences good agricultural practices (GAP) and social - Does not influence GAP and social
#15	1, 5, 3	1, 5	15.1	Guides the calculation of irrigation demand - "Watering" without criteria

	7, 8, 2	7, 2	15.2	Allows access to technologies - Lack of financial resources for access
	4, 7, 6	4, 6	15.3	Rational use of water - Waste of water
#16	1, 5, 3	1, 5	16.1	Irrigation support tool - Does not relate to irrigation support
	7, 8, 2	7, 2	16.2	Enables a more efficient system - Does not enable
	4, 7, 6	7, 6	16.3	Guarantees water availability - Does not guarantee water availability
	9, 2, 3	2, 3	16.4	Necessary - Secondary
#17	1, 5, 3	1, 5	17.1	Considers climate data - Does not consider climate data
	7, 8, 2	7, 8	17.2	Increases competitiveness - Reduces competitiveness
	4, 7, 6	4, 6	17.3	Productive security - Productive insecurity
Total constructs	87			
Average	5,117647059			

Table V-2. The first round of the author's categorization

Category	Definition	Construct (code)	N. constructs
1. Water and irrigation management	Constructs related to the use of water for irrigation, factors that can affect the management of water resources and the availability of water for production	1.3	28
		1.6	
		2.1	
		2.3	
		2.6	
		3.1	
		4.1	
		4.3	
		5.3	
		6.1	
		6.3	
		8.6	
		9.3	
		10.6	
		11.1	
		11.5	
		11.6	
		12.1	
		12.5	
		13.1	
		13.4	
		13.5	
		14.1	
		14.3	
		15.1	
		15.3	
		16.1	
		16.3	
2. Production and cultivation	Constructs related to the technical aspects of grape growing, quality, productivity and agricultural practices	1.1	12
		1.5	
		2.4	
		4.2	
		6.5	
		7.1	
		7.2	
		8.3	
		10.3	
		10.4	
		14.4	
		17.3	
3. Finance	Constructs related to the financial feasibility of the production system and production costing	2.2	9
		2.7	
		6.2	
		8.5	
		10.2	
		13.2	
		14.2	
		15.2	
		16.2	
4. Collective actions	Constructs related to collective actions and individual initiatives in the growing of table grapes under irrigation	1.2	9
		1.8	
		3.2	
		8.2	
		9.2	
		10.1	
		11.2	
		12.2	
		12.6	

5. Technical or commercial aspects	Constructs related to a clear contrast established between technical aspects of production and commercial, economic and managerial aspects	3.4	8
		3.6	
		4.4	
		7.4	
		10.5	
		11.3	
		11.4	
		13.3	
6. Basic to perform the activity	Constructs related to basic and secondary items for adequate performance in the growing of table grapes under irrigation	3.3	8
		3.5	
		5.1	
		6.4	
		7.3	
		7.5	
		9.1	
		16.4	
7. Marketing	Constructs related to the commercialization of grapes and factors that affect the price and competitiveness of the business	1.4	7
		2.5	
		5.4	
		8.4	
		8.7	
		12.4	
		17.2	
8. Planning and decision-making	Data-related constructs and tools that support decision-making in production management as a whole (production, irrigation, planning)	1.7	6
		5.2	
		7.6	
		8.1	
		12.3	
		17.1	

Initially, the 87 constructs were distributed in 8 categories, which are described in Table VI-2.

Table V-3. The reliability test for the first round of categorization

Reliability matrix	Collaborator's categorization							Total
Author's categorization	Agrometeorological services	Participatory decision-making/social protagonism	Water management/ water resources management/risk	Agricultural-economic context	Use of techniques/ technologies	Technician/Expert Support	Irrigation systems	87
Planning and decision-making	1.7, 7.6, 8.1, 17.1				5.2		12.3	6
Collective actions		1.2, 8.2, 9.2, 10.1, 11.2, 12.2	1.8	12.6		3.2		9
Water and irrigation management	13.5, 14.1, 15.1		1.3, 1.6, 2.1, 2.3, 2.6, 3.1, 4.1, 4.3, 5.3, 6.1, 6.3, 8.6, 9.3, 10.6, 11.5, 11.6, 13.4, 14.3, 15.3, 16.3		12.5, 16.1		11.1, 12.1, 13.1	28
Finance				2.2, 2.7, 8.5, 10.2, 14.2	6.2, 15.2, 16.2		13.2	9
Production and cultivation	1.1, 1.5			7.1, 17.3	4.2, 6.5, 8.3	2.4, 10.3, 14.4	7.2, 10.4	12
Technical or commercial aspects				4.4, 7.4, 10.5, 11.4		3.4, 11.3, 13.3	3.6	8
Marketing				1.4, 2.5, 5.4, 8.4, 8.7, 12.4, 17.2				7
Basic to perform the activity	3.3, 7.3, 7.5, 16.4	3.5			9.1	6.4	5.1	8
Total constructs	13	7	21	19	10	8	9	87
Diagonal	4	6	20	5	3	3		41
Total constructs on agreed categories	9	6	21	12	9	7		64

Note: The categories highlighted in bold correspond to the agreed categories. The numbers in each cell correspond to the construct codes. The diagonal in gray color corresponds to the agreed constructs in the agreed categories.

According to the distribution of constructs shown in Table 2, the Index A, Index B and Perrault-Leigh Index were calculated. Index A = 47.1%, Index B = 64.1%, Perrault-Leigh Index = 0.61.

The results show that no agreement was achieved between the coders. Both categorizations were discussed and a new set of categories were created based on the common categorizations and harmonized divergences. Therefore, a 2nd round of categorization was carried out, this time considering five categories: decision-making support services, participatory actions, water and irrigation management, technical-economic context, production technology and management.

Table VI-4 shows the results of the author's second round of categorization.

Table V-4. The second round of the author's categorization

Category	Definition	Construct (code)	N. constructs
1. Water and irrigation management	Constructs related to the use of water for irrigation, factors affecting the management of water resources and the availability of water for table grapes production	1.3	24
		1.6	
		2.1	
		2.3	
		2.6	
		3.1	
		3.5	
		3.6	
		4.1	
		4.3	
		5.3	
		6.1	
		6.3	
		8.6	
		9.3	
		10.6	
		11.5	
		11.6	
		12.1	
		12.5	
		13.4	
		14.3	
		15.3	
		16.3	
2. Technical-economic context	Constructs related to the financial feasibility of the production system and production costs, commercialization of table grapes and factors that affect the price and competitiveness of the business	1.4	23
		2.2	
		2.5	
		2.7	
		3.4	
		4.4	
		5.4	
		6.2	
		7.4	
		8.4	
		8.5	
		8.7	
		10.2	
		10.5	
		11.3	
		11.4	
		12.4	
		13.2	
		13.3	
		14.2	
		15.2	
		16.2	
		17.2	
3. Decision-making support services	Constructs related to agrometeorological data, tools and services that support decision-making in production management as a whole (fieldwork, irrigation, planning)	1.1	21
		1.7	
		3.3	
		4.2	
		5.1	
		5.2	

		6.4	
		7.3	
		7.5	
		7.6	
		8.1	
		9.1	
		11.1	
		12.3	
		13.1	
		13.5	
		14.1	
		15.1	
		16.1	
		16.4	
		17.1	
4. Production technology and management	Constructs related to the technical aspects of table grape cultivation, quality, productivity, agricultural practices, use of technologies and expert support	1.5	10
		2.4	
		6.5	
		7.1	
		7.2	
		8.3	
		10.3	
		10.4	
		14.4	
		17.3	
5. Participatory actions	Constructs related to collective actions and/or individual initiatives to participate in decisions that involve common interests in table grapes growing under irrigation	1.2	9
		1.8	
		3.2	
		8.2	
		9.2	
		10.1	
		11.2	
		12.2	
		12.6	

Table VI-5 shows the reliability test for the second round of categorizations. This time, both the principal author and collaborator used the 5 agreed categories described in Table VI-4.

Table V-5. The reliability test for the second round of categorization

Reliability matrix	Collaborator's categorization					Total
Author's categorization	Decision-making support services	Participatory actions	Water and irrigation management	Technical-economic context	Production technology and management	87
Decision-making support services	1.1, 1.7, 4.2, 5.1, 7.3, 7.6, 8.1, 12.3, 13.1, 17.1	5.2	3.3, 9.1, 11.1, 13.5, 14.1, 15.1, 16.1		6.4, 16.4	20
Participatory actions	10.1, 12.6	1.2, 3.2, 8.2, 9.2, 11.2, 12.2	1.8			9
Water and irrigation management			1.3, 1.6, 2.1, 2.3, 2.6, 3.1, 3.5, 4.1, 4.3, 5.3, 6.1, 6.3, 8.6, 9.3, 10.6, 11.5, 11.6, 12.1, 13.4, 14.3, 15.3, 16.3		3.6, 12.5	24
Technical-economic context		16.2	13.2	3.4, 6.2, 10.5, 13.3, 15.2	3.4, 6.2, 10.5, 13.3, 15.2	23
Production technology and management	7.2		7.5, 8.3	7.1	1.5, 2.4, 6.5, 10.3, 10.4, 14.4, 17.3	11
Total constructs	13	8	33	17	16	87
Diagonal	10	6	22	16	7	61
Total constructs on agreed categories	13	8	33	17	16	64

Note: In this phase, there are no different categories for both coders. Thus, the number of total constructs and the number of total constructs on agreed categories are the same. The numbers in each cell correspond to the construct codes. The diagonal in gray color corresponds to the agreed constructs in the agreed categories.

According to the distribution of constructs shown in Table VI-5, Index B and Perrault-Leigh Index were calculated. Index B = 70.1%, Perrault-Leigh Index = 0.791.

The results show that no agreement was achieved between the coders. The goal here is to achieve a minimum value of 0.90 for the Perrault-Leigh Index. Both categorizations were discussed and the decision was to maintain the previously agreed categories and their respective definitions. As presented in the reliability matrix (Table VI-5), the apparent confusion lay over the distribution of constructs. Mainly the categories “water and irrigation management” x “decision-making support services” and “technical-economic context” x “production technology and management”. Concerning the first divergence, even though some constructs seem to regard water availability for irrigation, they relate to services that support water management. For instance “11.1 - Monitors the need for irrigation - Lack of knowledge of irrigation technique” and “14.1 - It helps to define the water volume - It does not help to define the water volume”. For other constructs, whose description seemed more generic, the consultation to the triad that elicited that construct helped to discuss and, eventually, rearrange the matrix. For instance, “9.1 - Essential - Not very essential” was elicited by the interviewee who saw some similarity between the elements “surface drip irrigation” and “meteorological station and tensiometer”. Concerning the divergences in the categories “technical-economic context” x “production technology and management”, some constructs that presented a dichotomous description like “3.4 - Agronomic/Technical – Commercial” and “10.5 - Commercialization – Production” were moved to the “technical-economic context” category, which was created, mainly, to fit those types of constructs. Following that procedure, both coders discussed the distribution for each construct, in this way, the rearrangement of constructs under the pre-defined categories was carried out. Then, a 3rd round of categorization was done.

Results for principal author categorization are presented in Table VI-6 and the reliability test is presented in Table VI-7.

Table V-6. The third round of the author's categorization

Category	Definition	Construct (code)	N. constructs
1. Water and irrigation management	Constructs related to the use of water for irrigation, factors affecting the management of water resources and the availability of water for table grapes production	1.3	26
		1.6	
		2.1	
		2.3	
		2.6	
		3.1	
		3.5	
		4.1	
		4.3	
		5.3	
		6.1	
		6.3	
		8.3	
		8.6	
		9.3	
		10.6	
		11.1	
		11.5	
		11.6	
		12.1	
		12.5	
		13.4	
		13.5	
		14.3	
		15.3	
		16.3	
2. Technical-economic context	Constructs related to the financial feasibility of the production system and production costs, commercialization of table grapes and factors that affect the price and competitiveness of the business	1.4	23
		2.2	
		2.5	
		2.7	
		3.4	
		4.4	
		5.4	
		6.2	
		7.4	
		8.4	
		8.5	
		8.7	
		10.2	
		10.5	
		11.3	
		11.4	
		12.4	

		13.2	
		13.3	
		14.2	
		15.2	
		16.2	
		17.2	
3. Decision-making support services	Constructs related to agrometeorological data, tools and services that support decision-making in production management as a whole (fieldwork, irrigation, planning)	1.1	18
		1.7	
		3.3	
		4.2	
		5.1	
		5.2	
		7.3	
		7.5	
		7.6	
		8.1	
		9.1	
		12.3	
		13.1	
		14.1	
		15.1	
		16.1	
		16.4	
		17.1	
4. Production technology and management	Constructs related to the technical aspects of table grape cultivation, quality, productivity, agricultural practices, use of technologies and expert support	1.5	11
		2.4	
		3.6	
		6.4	
		6.5	
		7.1	
		7.2	
		10.3	
		10.4	
		14.4	
		17.3	
5. Participatory actions	Constructs related to collective actions and/or individual initiatives to participate in decisions that involve common interests in table grapes growing under irrigation	1.2	9
		1.8	
		3.2	
		8.2	
		9.2	
		10.1	
		11.2	
		12.2	
		12.6	

Table V-7. The reliability test for the third round of categorization

Reliability matrix	Collaborator's categorization					Total
Your categorization	Decision-making support services	Participatory actions	Water and irrigation management	Technical-economic context	Production technology and management	87
Decision-making support services	1.1, 1.7, 3.3, 4.2, 5.1, 5.2, 7.3, 7.5, 7.6, 8.1, 9.1, 12.3, 13.1, 14.1, 15.1, 16.1, 16.4, 17.1					18
Participatory actions		1.2, 1.8, 3.2, 8.2, 9.2, 10.1, 11.2, 12.2, 12.6				9
Water and irrigation management			1.3, 1.6, 2.1, 2.3, 2.6, 3.1, 3.5, 4.1, 4.3, 5.3, 6.1, 6.3, 8.3, 8.6, 9.3, 10.6, 11.1, 11.5, 11.6, 12.1, 12.5, 13.4, 13.5, 14.3, 15.3, 16.3			26
Technical-economic context		16.2		1.4, 2.2, 2.5, 2.7, 3.4, 4.4, 5.4, 6.2, 7.4, 8.4, 8.5, 8.7, 10.2, 10.5, 11.3, 11.4, 12.4, 13.2, 13.3, 14.2, 15.2, 17.2		23
Production technology and management					1.5, 2.4, 3.6, 6.4, 6.5, 7.1, 7.2, 10.3, 10.4, 14.4, 17.3	11
Total constructs	18	10	26	22	11	87
Diagonal	18	9	26	22	11	86
Total constructs on agreed categories	18	10	26	22	11	87

Note: In this phase, there are no different categories for both coders. Thus, the number of total constructs and the number of total constructs on agreed categories are the same. The numbers in each cell correspond to the construct codes. The diagonal in gray color corresponds to the agreed constructs in the agreed categories.

According to the distribution of constructs shown in Table VI-7, Index B and Perrault-Leigh Index were calculated. Index B = 98.9%, Perrault-Leigh Index = 0.993 in the 99.1% confidence interval.

After three rounds, an almost 100% agreement was achieved. Then, the steps 3.12 and 3.13 were conducted. They consist of summarizing the categorization and proceeding with the differential analysis.

References:

Grayson, K.; Rust, R. Interrater reliability. *Journal of Consumer Psychology*, 10(1&2), 71-73, 2001.

Jancowicz, D. Chapter 7 – Analyzing more than one grid. In: Jancowicz, D. In: *The easy guide to repertory grids*. Wiley, West Sussex, 2004, 330 p.

APÊNDICE VI

Repertory Grid Technique (RGT) – other results

This appendix brings full tables and other results that were not reported in the paper (Chapter 3) in their complete form.

The grids elicited by the interviewees, as well as the individual and group Focus Cluster Analysis and Principal Components Analysis.

Table. Differential analysis among groups

Category	Definition	Construct (code)		Total count	Grape growers (N=9)	Researchers (N=4)	Irrigation district managers (N=2)	Public administrators (N=2)
				Total %				
Water and irrigation management	Constructs related to the use of water for irrigation, factors affecting the management of water resources and the availability of water for table grapes production	1.3	8.6	26	13	7	3	3
		1.6	9.3	29,9	29,5	31,8	33,3	25
		2.1	10.6					
		2.3	11.1					
		2.6	11.5					
		3.1	11.6					
		3.5	12.1					
		4.1	12.5					
		4.3	13.4					
		5.3	13.5					
		6.1	14.3					
		6.3	15.3					
		8.3	16.3					
Technical- economic context	Constructs related to the financial feasibility of the production system and production costs, commercialization of table grapes and factors that affect the price and competitiveness of the business	1.4	10.2	23	12	6	2	3
		2.2	10.5	26,4	27,3	27,3	22,2	25
		2.5	11.3					
		2.7	11.4					
		3.4	12.4					
		4.4	13.2					
		5.4	13.3					
		6.2	14.2					
		7.4	15.2					
		8.4	16.2					
		8.5	17.2					
		8.7						

Decision-making support services	Constructs related to agrometeorological data, tools and services that support decision-making in production management as a whole (fieldwork, irrigation, planning)	1.1	8.1	18	11	4	2	1
		1.7	9.1	20,7	25	18,2	22,2	8,3
		3.3	12.3					
		4.2	13.1					
		5.1	14.1					
		5.2	15.1					
		7.3	16.1					
		7.5	16.4					
		7.6	17.1					
Production technology and management	Constructs related to the technical aspects of table grape cultivation, quality, productivity, agricultural practices, use of technologies and expert support	1.5	7.2	11	5	3	1	2
		2.4	10.3	12,6	11,4	13,6	11,1	16,7
		3.6	10.4					
		6.4	14.4					
		6.5	17.3					
		7.1						
Participatory actions	Constructs related to collective actions and/or individual initiatives to participate in decisions that involve common interests in table grapes growing under irrigation	1.2	10.1	9	3	2	1	3
		1.8	11.2	10,3	6,8	9,1	11,1	25
		3.2	12.2					
		8.2	12.6					
		9.2						
Count				87	44	22	9	12
%				99,9	100	100	99,9	100

Interpretation of Cluster and Principal Components Analysis (PCA)

In this section we present the original grid for all the participants, the Cluster and the Principal Components Analysis (PCA) and the complementing data for the mode grid, presented in Chapter 3.

Those analyses were executed on the software Rep Plus V2.0R, available at <https://pages.cpsc.ucalgary.ca/~gaines/repplus/>.

The aim here is to understand the relationships among elements and constructs that have emerged during the investigation, and if, somehow, they reflect water management strategies for table grapes production in São Francisco River Valley in a climate change adaptation situation.

Basically, we return to the seed questions of the thesis:

- (i) Do the recurrent periods of drought reflect on new policies and governance instruments for irrigation?
- (ii) How do periods of drought influence the adoption by winegrowers of irrigation techniques aimed at optimizing water use?

Applying Cluster and PCA we can approximate the interpretation of results based on similarities and differences of perspectives about the “use of water for irrigation in the production of table grapes in the public irrigation projects of Sub-medium of São Francisco River Valley”.

On Rep Plus the Cluster Analysis is called Focus Cluster. Basically, it calculates the similarity scores in % and reorder the columns (elements) and rows (constructs) from most similar to least similar elements and constructs. Then, the reordered grid is complemented by a dendrogram, in which the groups of constructs and elements are represented by “branches”. Thus, it also provides the hierarchical structure of convergences and divergences of thoughts related to the topic (Gaines and Shaw, 2021; Jancowicz, 2004).

The PCA on Rep Plus is called PrinGrid Map. It presents George Kelly’s assumption that constructs define the dimensions of a “psychological space” where the elements are located (Gaines and Shaw, 2021). Therefore, the PCA uses geometrical distances and the variances to plot distinct patterns of variability within the data. Working out the ratings provided by interviewees, coefficients of correlation are calculated, which allows to know in what extent one construct is related to another and if there is at least two patterns of

variability (the components that respond for more than 80% of variance) that could help in explaining what the person thinks about the topic; how s/he thinks about it; and if there are commonalities among groups (Jancowicz, 2004).

How to read the figures:

Code used to identify the interviewees: #order of interview (number 01 to 17)_letters indicating the interviewee's group

GG = grape growing

IDM = irrigation district management

PA = public administration

R = research

Example: #15_IDM

Elements (columns, in red) and Constructs (rows, in blue). Shading represents low to high values (lighter to darker).

Mode grid

Figure VI-1. Mode grid and the original constructs elicited with ratings

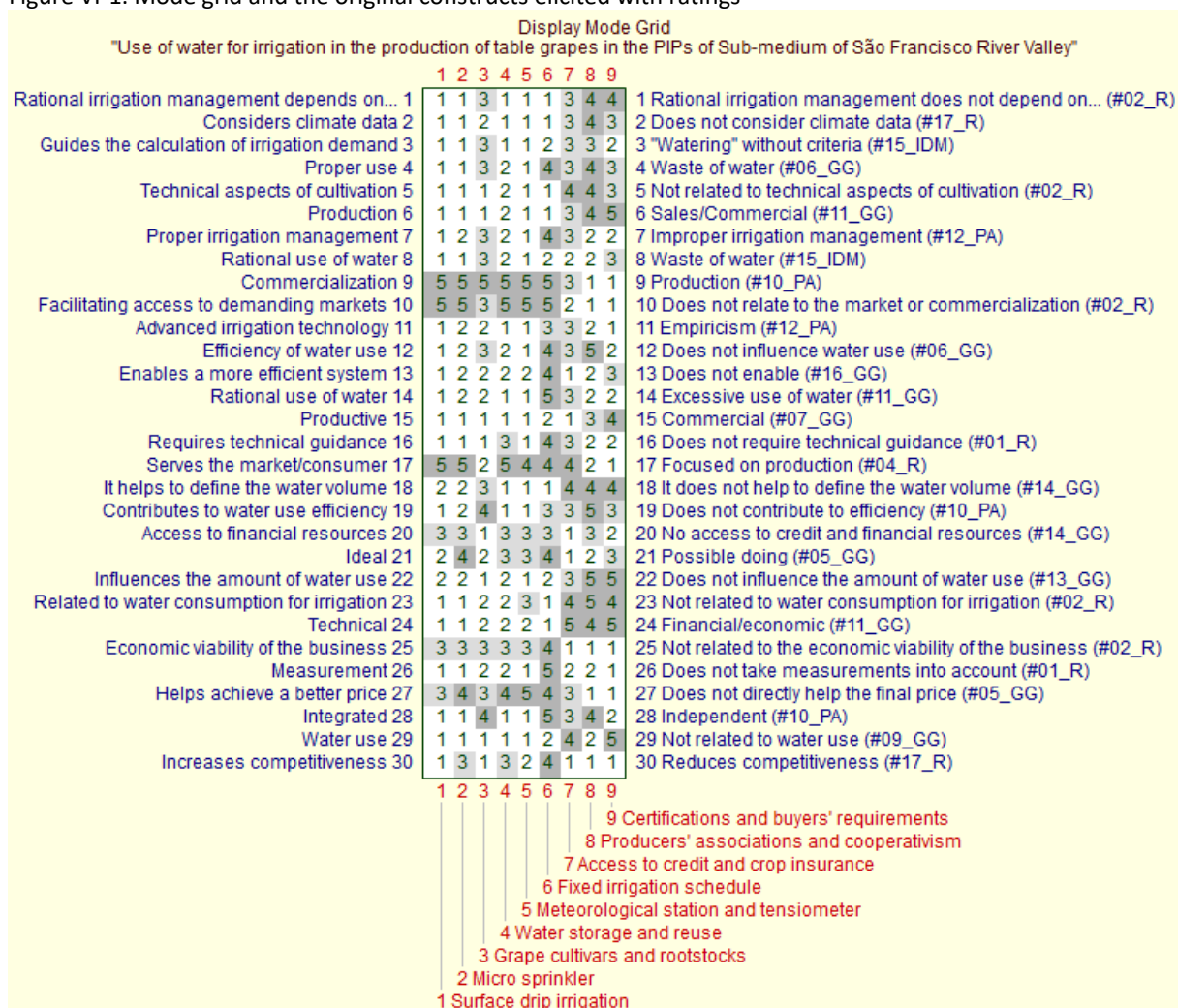
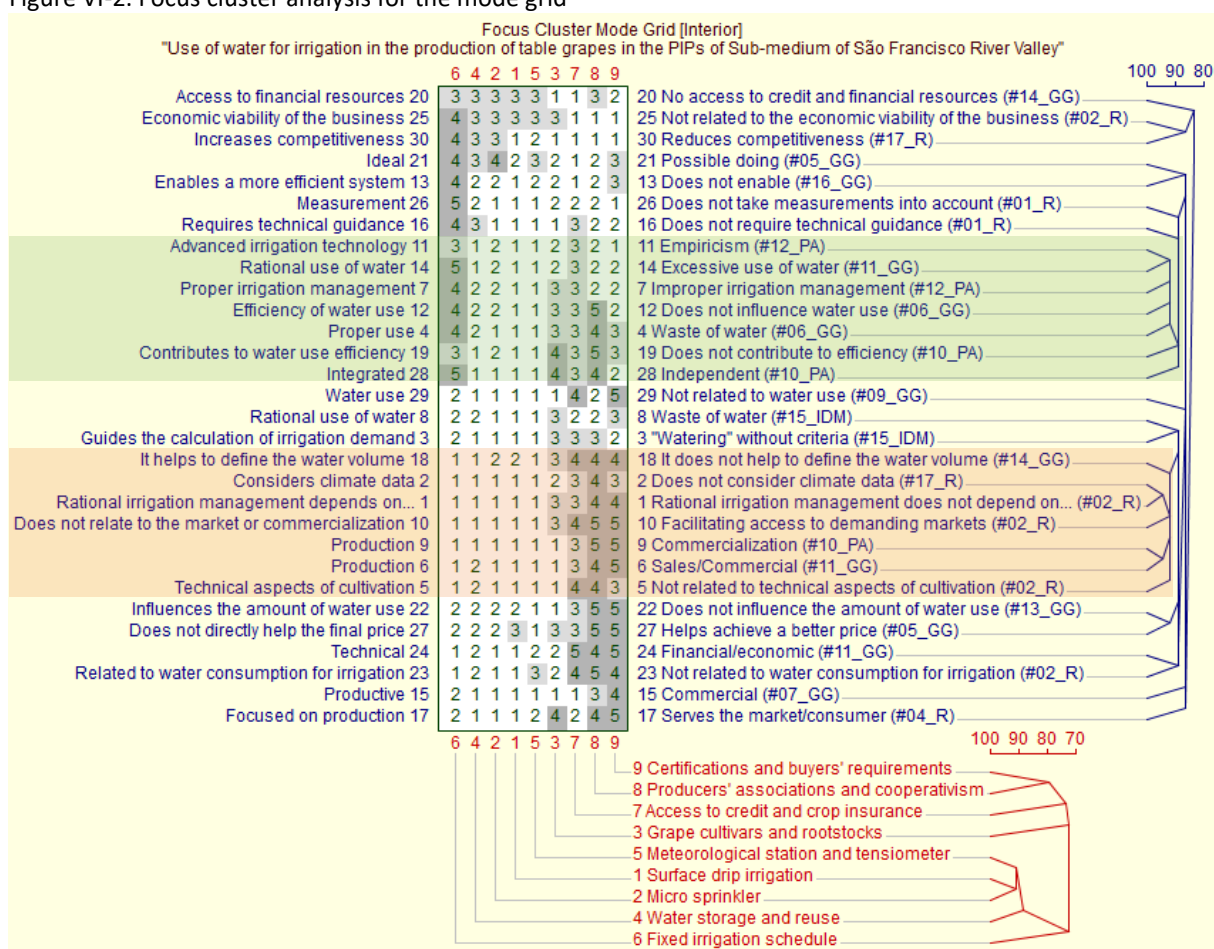


Figure VI-2. Focus cluster analysis for the mode grid



Interpretation Focus Cluster Mode Grid	
Elements reordered	1, 2, 3, 4, 6
Highest similarity (> 80%) among elements (clusters)	E1 and E2 = 90.8%; E1 and E5 = 90.8%; E2 and E4 = 88.3%
Similar ratings of elements (columns)	E6 stays is in an isolated branch. Two main branches are formed. In one cluster, E3 (grape cultivars and rootstocks) is closer to institutional and socio-economic aspects (E7, E8, E9) than to irrigation systems (E1 and E2) and support tools (E4 and E5), that compose another group.
Constructs reversed	9, 10, 17, 27
Highest similarity (> 80%) among constructs (clusters)	All 29 links
Similar ratings of constructs (rows)	Among the 30 constructs, the dendrogram shows many branches. However, two clusters seem to show higher similarity. The green shaded constructs could represent a perspective construed upon the contrast between rational use of water and waste of water. It is clear that E6 is rated as inefficient in use of water. On the other hand, elements related to irrigation systems (E1, E2) and support tools (E4, E5) were rated as more rational in water use. We highlight E1 and E5, that were rated as more efficient. Regarding E3, it seems to have divergent views about its relation the use of water for irrigation, some interviewers rated it as more efficient, others as neutral, and at last inefficient. Definitely, E7 does not relate with the way in which grape growers irrigate. Being in association is divergent, as well (E8). At last, E9 seem to lead producers to a rational use of water. The orange shaded constructs, points out the relevance of information and support technologies for irrigation (C1 and C2, that matches in 94.4%), and

	also comprises constructs that contrast technical aspects of production and commercial/market aspects (C9 and C6, match of 94.4%). All the elements related to production and irrigation system, including E6, were rated as “it helps to define volume of water” or “considers climate data”. While elements 7, 8 and 9 were rated as neutral or not directly related to irrigation management. In general, E3 is not considered a central element for irrigation decisions, but it is considered on the side of production, despite its commercial importance.
--	--

PCA data for the mode grid:

Percentage Variance in Each Component

	1	2	3	4	5	6	7	8	
59,12	19,87	7,57	5,44	3,78	2,00	1,34	0,89		Variance %
33,97	21,47	15,22	11,06	7,93	5,43	3,35	1,56		Frontier estimate %
59,12	79,00	86,56	92,00	95,78	97,77	99,11	100,00		Cumulative variance %

Element Loadings on Each Component

	1	2	3	4	5	6	7	
1	2,322	-1,511	-0,322	0,126	-0,205	-0,707	0,555	Surface drip irrigation
2	2,417	-0,440	0,247	0,241	-0,224	-0,657	-0,695	Micro sprinkler
3	-0,080	0,868	-2,063	0,784	0,651	0,178	0,128	Grape cultivars and rootstocks
4	1,973	-0,426	0,762	-0,472	-0,295	0,527	0,574	Water storage and reuse
5	2,387	-1,315	0,016	0,056	0,082	0,865	-0,461	Meteorological station and tensiometer
6	1,381	3,718	0,877	0,042	0,147	-0,077	0,035	Fixed irrigation schedule
7	-2,394	0,029	-0,609	-1,981	0,225	-0,154	-0,144	Access to credit and crop insurance
8	-4,106	0,227	-0,164	0,564	-1,438	0,122	-0,040	Producers' associations and cooperativism
9	-3,900	-1,151	1,257	0,641	1,056	-0,096	0,048	Certifications and buyers' requirements

Construct Loadings on Each Component

	1	2	3	4	5	6	7	
1	-1,861	-0,108	-0,371	0,258	0,154	0,043	-0,003	Rational irrigation management depends on...-Rational irrigation management does not depend on... (#02_R)
2	-1,606	-0,077	-0,227	-0,043	-0,280	0,015	-0,078	Considers climate data-Does not consider climate data (#17_R)
3	-1,008	0,534	-0,636	-0,124	0,020	0,041	-0,012	Guides the calculation of irrigation demand-"Watering" without criteria (#15_IDM)
4	-1,218	1,209	0,012	0,049	-0,078	0,181	0,265	Proper use-Waste of water (#06_GG)
5	-1,628	-0,217	0,171	-0,729	-0,464	0,083	0,050	Technical aspects of cultivation-Not related to technical aspects of cultivation (#02_R)
6	-1,975	-0,475	0,732	-0,038	0,016	0,069	0,153	Production-Sales/Commercial (#11_GG)
7	-0,284	1,237	-0,110	-0,275	0,328	-0,101	-0,017	Proper irrigation management-Improper irrigation management (#12_PA)
8	-0,714	0,331	-0,134	0,212	0,522	0,203	0,331	Rational use of water-Waste of water (#15_IDM)
9	2,366	0,403	-0,566	-0,182	0,274	0,072	0,109	Commercialization-Production (#10_PA)
10	2,530	0,207	0,285	-0,094	-0,114	0,002	0,061	Facilitating access to demanding markets-Does not relate to the market or commercialization (#02_R)

11	-0,244	0,903	-0,260	-0,485	-0,068	-0,286	-0,352	Advanced irrigation technology– Empiricism (#12_PA)
12	-1,076	1,313	-0,199	0,084	-0,769	0,027	-0,069	Efficiency of water use–Does not influence water use (#06_GG)
13	-0,068	0,861	0,708	0,546	0,338	0,214	-0,125	Enables a more efficient system– Does not enable (#16_GG)
14	-0,317	1,600	0,281	-0,332	0,275	-0,374	-0,302	Rational use of water–Excessive use of water (#11_GG)
15	-1,191	0,080	0,776	0,655	0,111	-0,043	0,042	Productive–Commercial (#07_GG)
16	-0,302	1,046	0,724	-0,758	-0,021	0,189	0,415	Requires technical guidance–Does not require technical guidance (#01_R)
17	1,721	-0,124	0,246	-1,000	-0,589	-0,401	0,048	Serves the market/consumer–Focused on production (#04_R)
18	-1,711	-0,321	-0,494	-0,083	0,102	-0,488	-0,124	It helps to define the water volume–It does not help to define the water volume (#14_GG)
19	-1,547	0,916	-0,638	0,477	-0,297	-0,102	-0,253	Contributes to water use efficiency–Does not contribute to efficiency (#10_PA)
20	0,569	-0,071	0,734	0,372	-0,714	0,017	-0,007	Access to financial resources–No access to credit and financial resources (#14_GG)
21	0,672	0,403	0,879	0,587	0,118	-0,006	-0,433	Ideal–Possible doing (#05_GG)
22	-1,846	-0,254	0,847	0,168	-0,421	-0,392	0,091	Influences the amount of water use– Does not influence the amount of water use (#13_GG)
23	-1,840	-0,515	0,003	-0,284	-0,353	0,759	-0,285	Related to water consumption for irrigation–Not related to water consumption for irrigation (#02_R)
24	-2,134	-0,518	0,146	-0,700	0,317	0,326	-0,112	Technical–Financial/economic (#11_GG)
25	1,425	0,610	-0,016	0,338	0,117	0,063	0,131	Economic viability of the business– Not related to the economic viability of the business (#02_R)
26	0,059	1,726	0,257	-0,199	-0,069	0,128	0,280	Measurement–Does not take measurements into account (#01_R)
27	1,707	0,229	-0,048	-0,527	0,142	0,515	-0,437	Helps achieve a better price–Does not directly help the final price (#05_GG)
28	-1,010	1,892	-0,564	0,188	-0,068	0,065	0,069	Integrated–Independent (#10_PA)
29	-1,639	-0,063	0,702	-0,588	0,917	-0,281	-0,104	Water use–Not related to water use (#09_GG)
30	0,984	0,899	0,838	-0,059	-0,131	0,131	-0,256	Increases competitiveness–Reduces competitiveness (#17_R)

References

Gaines, B. R.; Shaw, M. L. G. Rep Grid Manual – Eliciting, Entering, Editing and Analyzing a Conceptual Grid. May 2021. Available at:

<https://pages.cpsc.ucalgary.ca/~gaines/repplus/Documents/>

Jankowicz, D. **The Easy Guide to Repertory Grids**. West Sussex, England: Wiley, 2004.

APÊNDICE VII

Concerning Chapter 3, Section 4.3 Climate Risk Perception:

The full data, imputations, Q-Cochran's Tests, Pairwise McNemar's Exact Tests, ranking of driest and rainiest years, positive and negative impacts can be found in:

<https://docs.google.com/spreadsheets/d/1AzN3Vo1bwv9znZW5vAZqF0216vA8-sZj/edit?usp=sharing&ouid=116993208286482772958&rtpof=true&sd=true>

Please, use Google Chrome to access the content.

APÊNDICE VIII

Data source and availability

Variable (metric)	Year																							Source		
	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022		2023	
Precipitation (mm)																									Embrapa	
Temperature (°C)																									Embrapa	
Water withdrawal (1000.m³)			●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	DIB, DINC
Sobradinho volume (%)	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	ONS
Irrigation coefficient (m³. ⁀d.ha)	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	ANA
Productivity (ton/ha)			■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	CODEVASF
Gross production value (R\$/ton)			■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	CODEVASF
Irrigation system (%)													■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	DIB, DINC

■ Exposure

■ Sensitivity

■ Adaptive capacity

● Both PIPs

■ PIP Nilo Coelho

● PIP Bebedouro

ANA (Agência Nacional de Águas e Saneamento): Link:

<https://metadados.snirh.gov.br/geonetwork/srv/api/records/30c885ef-f129-4148-9cac-26b404f2bcf6#:~:text=Os%20Coeficientes%20T%C3%A9cnicos%20de%20Uso%20da%20C3%81gua%20para,simula%C3%A7%C3%B5es%20com%20dados%20clim%C3%A1ticos%20e%20par%C3%A2metros%20t%C3%A9cnicos%20detalhados>

CODEVASF (Companhia de Desenvolvimento do Vale do São Francisco e Parnaíba): Link: not available on-line. Data supplied directly by the service. Available under request.

DINC (Distrito de Irrigação Nilo Coelho): Link: not available on-line. Data supplied directly by the service. Available under request.

DIB (Distrito de Irrigação Bebedouro). Link: not available on-line. Data supplied directly by the service. Available under request.

Embrapa (Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária). Link:

<https://www.embrapa.br/en/dados-agrometeorologicos-do-vale-do-sao-francisco>

ONS (Operador Nacional do Sistema Elétrico). Link: <https://dados.ons.org.br/dataset/dados-hidrologicos-res>

Weather stations

Name	Bebedouro	Geographical reference	-9.13675, -40.30877
Period (monthly)	January 2004 – December 2023		
Variable	Missing values	Missing period	
Precipitation	3.75%	2008/04-2008/12	

Imputed values (monthly average of the period)			
Month	Precipitation (mm)		
January	73.3125		
February	76.805		
March	58.2175		
April	54.60157895		
May	24.79842105		
June	10.97684211		
July	6.979473684		
August	3.982631579		
September	4.067894737		
October	13.12578947		
November	34.55263158		
December	42.56		

Name	Fruit Fort	Geographical reference	-9.3730555, -40.56141666
Period (monthly)	January 2004 – December 2023		
Variable	Missing values	Missing period	
Precipitation	0.83%	2022/03, 2023/03	
Temperature	0.83%	2022/03, 2023/03	
Imputed values (monthly average of the period)			
Month	Precipitation (mm)	Average temperature (°C)	
January	76.947	27.6178723	
February	79.1465	27.3992505	
March	59.36333333	27.38462937	
April	38.1745	26.86579572	
May	10.41	25.94291024	
June	4.836	24.8353523	
July	5.103	24.38451418	
August	2.512	24.96875478	
September	1.9675	26.54018623	
October	13.181	28.04329128	
November	42.52	28.16054296	
December	51.4605	27.92568831	

Name	Vale das Uvas	Geographical reference	-9.31352777, -40.3739444
Period (monthly)	January 2004 – December 2023		
Variable	Missing values	Missing period	
Precipitation	19.58%	2018/04-2018/05; 2017/02; 2004/07-2008/02	
Temperature	20.42%	2018/04-2018/05; 2017/02; 2015/05- 2015/06; 2004/07-2008/02	
Imputed values (monthly average of the period)			
Month	Precipitation (mm)	Average temperature (°C)	
January	55.516875	27.51760013	
February	64.47533333	27.21048938	
March	60.95294118	27.34110078	
April	43.97	26.83359269	
May	14.63375	25.6854469	
June	7.751176471	24.51319981	
July	3.04375	24.05237231	
August	1.330625	24.6396595	

September	0.5875	26.35391667	
October	16.033125	27.73082739	
November	31.21125	28.07429529	
December	51.6525	27.60135915	

Name	Timbaúba	Geographical reference	-9.22552777, -40.49852777
Period (monthly)	January 2004 – December 2023		
Variable	Missing values	Missing period	
Precipitation	15%	2020/08-2023/04; 2010/10; 2004/01-2004/02	2021/04-2021/09 the values are = 0, they were considered missing values
Temperature	5.83%	2022/12-2023/04; 2021/10-2021/12; 2021/01-2021/03; 2020/08-2020/09; 2010/10	
Imputed values (monthly average of the period)			
Month	Precipitation (mm)	Average temperature (°C)	
January	55.51625	27.08533699	
February	95.49	26.60645799	
March	63.69705882	26.55791278	
April	62.56588235	25.91866667	
May	17.555	24.93980645	
June	8.57666667	23.85150238	
July	6.988333333	23.30435727	
August	4.374117647	24.12589724	
September	8.961764706	25.69301705	
October	16.34	27.25110468	
November	22.42470588	27.60326181	
December	48.32941176	27.17784946	

Name	Santa Felicidade	Geographical reference	-9.3452777, -40.8166111
Period (monthly)	January 2004 – December 2023		
Variable	Missing values	Missing period	
Precipitation	17.083%	2023; 2022/01; 2015/02-2015/04; 2013/05-2014/07; 2013/01; 2010/04-2010/10; 2004/01-2004/02	
Temperature	10%	2022/01; 2013/05-2014/07; 2013/01; 2010/04-2010/10	
Imputed values (monthly average of the period)			
Month	Precipitation (mm)	Average temperature (°C)	
January	62.76533333	27.21317462	
February	76.101875	26.93740845	
March	54.21764706	26.88563204	
April	45.595625	26.48726478	
May	11.32875	25.39889036	
June	6.149375	24.29682585	
July	5.5825	23.71389959	
August	2.868823529	24.35290727	
September	4.974117647	25.85324393	
October	24.97588235	27.349319	

November	41.73888889	27.70764662	
December	57.60166667	27.29600945	

Anomalies of precipitation and temperature

Year	Season	Accumulated precipitation (mm)	Mean temperature (°C)	Precipitation anomaly (%)	Temperature anomaly (°C)
2004	Rainy	424.5414	26.68688	26.2400858	-0.52587
2004	Dry	38.481	25.12316	-27.1181615	-0.19949
2005	Rainy	428.7638	26.93903	27.4956248	-0.27372
2005	Dry	79.46199	25.20614	50.4985729	-0.11651
2006	Rainy	327.5898	26.99666	-2.5891047	-0.21609
2006	Dry	68.55199	24.92708	29.8353661	-0.39557
2007	Rainy	333.3058	27.10775	-0.8894159	-0.105
2007	Dry	52.69399	25.03503	-0.1992015	-0.28762
2008	Rainy	436.8813	26.98768	29.909416	-0.22507
2008	Dry	34.30821	24.8019	-35.0212973	-0.52075
2009	Rainy	600.846	26.49136	78.6653626	-0.72139
2009	Dry	178.072	24.80679	237.2629286	-0.51586
2010	Rainy	295.5471	27.01614	-12.117191	-0.19661
2010	Dry	50.88389	24.93707	-3.6274672	-0.38558
2011	Rainy	252.696	26.76259	-24.8592444	-0.45016
2011	Dry	63.69	24.96319	20.6269145	-0.35946
2012	Rainy	111.854	27.81286	-66.7395049	0.600113
2012	Dry	12.876	25.36023	-75.6132493	0.037579
2013	Rainy	251.9592	27.70529	-25.0783431	0.492539
2013	Dry	26.20389	25.44062	-50.3706333	0.117973
2014	Rainy	249.3901	26.51354	-25.8422758	-0.69921
2014	Dry	27.71012	24.80182	-47.5178697	-0.52084
2015	Rainy	226.215	27.8914	-32.7335286	0.678646
2015	Dry	27.62	25.56961	-47.6885637	0.246956
2016	Rainy	375.29	27.64788	11.5948578	0.435134
2016	Dry	28.086	26.03245	-46.8059739	0.709795
2017	Rainy	128.3451	28.44866	-61.8357818	1.235911
2017	Dry	31.992	25.08317	-39.4081292	-0.23948
2018	Rainy	310.476	27.17536	-7.6779955	-0.03739
2018	Dry	29.48675	25.85106	-44.1529962	0.528404
2019	Rainy	217.858	28.08228	-35.2185443	0.869534
2019	Dry	48.922	25.97264	-7.3432264	0.649993
2020	Rainy	493.7028	26.72493	46.8056606	-0.48782
2020	Dry	67.71318	25.27436	28.2466878	-0.04829
2021	Rainy	447.7807	27.15385	33.1504151	-0.05891
2021	Dry	55.35718	25.73534	4.8448013	0.412693

2022	Rainy	516.5004	26.34742	53.5846629	-0.86533
2022	Dry	89.79918	25.29012	70.0768972	-0.03253
2023	Rainy	296.3947	27.76344	-11.8651556	0.550687
2023	Dry	44.07389	26.24124	-16.5253992	0.918589

Note: Rainy (November-April), Dry (May-October)

APÊNDICE IX

Síntese para o cálculo dos coeficientes técnicos de uso da água para agricultura irrigada da ANA

Fontes:

ALLEN, Richard G. et al. Crop evapotranspiration-Guidelines for computing crop water requirements-FAO Irrigation and drainage paper 56. Fao, Rome, v. 300, n. 9, p. D05109, 1998.

ANA a (Agência Nacional de Águas). Coeficientes técnicos de uso da água para a agricultura irrigada. - Brasília: ANA, 2019. 29 p.

ANA b (Agência Nacional de Águas). Manual de Usos Consuntivos da Água no Brasil. Brasília: ANA, 2019. 75 p.

BRAGA, M.B. et al. Irrigação na produção integrada de uvas finas de mesa: PI-Uva. Petrolina: Embrapa Semiárido, 2011. 45 p.: il. color. (Embrapa Semiárido. Documentos, 241)

TEIXEIRA, A. H. D. C. et al. Consumo hídrico e coeficiente de cultura da videira na região de Petrolina, PE. Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental, v. 3, n. 3, p. 413–416, dez. 1999.

Painel interativo:

<https://app.powerbi.com/view?r=eyJrljoiYWMDNDMzMmYtNTYxZC00ZThjLWlYjYjctM2NIMDVjZTQxOWI3IiwidCI6ImUwYmIOMDEyLTgxMGltNDY5YS04YjRkLTY2N2ZjZDFiYWY4OCJ9>

No painel interativo os seguintes **parâmetros** são **fornecidos**:

Necessidade hídrica da cultura: considera a demanda total por hectare e evapotranspiração.

Precipitação efetiva: definida como a sendo a demanda suprida pelas chuvas e pelo solo (água verde).

Déficit de consumo: é a parcela da necessidade hídrica não atendida pela precipitação. Esse parâmetro não considera as perdas inerentes ao sistema de irrigação.

Necessidade de irrigação: definida como sendo o déficit de consumo somado às perdas inerentes ao sistema. Também denominada demanda de captação ou “água azul”.

Saída: litros por segundo por hectare, com possibilidade de conversão para outras unidades de tempo e área.

A uva para mesa ou vinho é categorizada como uma cultura perene.

Código Prodlist	Cultura	Coefficiente da cultura (Kc médio)	Profundidade radicular efetiva (Z) (m) ^b	Fator de disponibilidade de água (f) ^b
1320010	Uvas para mesa	0,85 ^a	1	0,35
1320020	Uvas para vinho, suco ou passa	0,85 ^a	1	0,35
-	Uva cv. Itália	0,8 ^c	-	-
-	Uva cv. Festival	0,85 ^d	-	-

Nota:

^a Valores utilizados pela ANA. Kc correspondente ao meio do ciclo para uvas de mesa. Uvas para vinho Kc de meio de ciclo = 0,70. Coeficientes para vinhedos bem manejados e não-estressados cultivados em clima subúmido. Fonte: Boletim FAO 56 (1998) – Table 12 (p. 112).

^b Valores utilizados pela ANA. Z e f têm origem nos valores encontrados na Tabela 22 (p. 165) do Boletim FAO 56 (1998) para uva de mesa. f = 0,45 para uva para vinho.

^c Valor de Kc médio, considerando 19 observações ao longo de 117 dias. Kc da cultura determinados pelos métodos de Penman-Monteith (ET_o(PM)) e do Tanque classe A (CA) ao longo do período entre a poda e a colheita dos frutos na cultura da videira, cv. Itália, em Petrolina, PE, 1994 (Teixeira et al., 1999).

^d Valor de Kc médio, considerando 8 estádios fenológicos para o ciclo jul-out. Para o ciclo nov-mar Kc = 0,84. Fonte: Braga et al. 2011, com dados de SOARES, J. M. Consumo hídrico da videira Festival sob intermitência de irrigação no Submédio São Francisco. 2003. 309 f. Tese (Doutorado em Recursos Naturais - Ciclo Hidrológico) – Universidade Federal de Campina Grande, Centro de Ciências e Tecnologia, Campina Grande

As seguintes equações são utilizadas para calcular o coeficiente técnico para cada cultura.

(1): COEFICIENTE DE RETIRADA ou COEFICIENTE DE DEMANDA da cultura para uma data específica

$$V_{c,m,mu,dc} = \frac{(ETrc_{c,m,mu,dc} - Pef_{c,m,mu,dc}) \times A_{c,m,mu,dc} \times t_{c,m,dc} \times 86400}{Ea_{c,mu}}$$

$V_{c,m,mu,dc}$ = volume mensal (m) em m³ destinado à irrigação de uma cultura (c) e relativo a uma data de cultivo (dc) em um município (mu). Corresponde à vazão de retirada.

$ETrc_{c,m,mu,dc}$ = evapotranspiração real para a cultura (c) em mm/dia, no mês (m), no município (mu) e para uma data de cultivo (dc)

$Pef_{c,m,mu,dc}$ = precipitação efetiva para a cultura (c) em mm/dia, no mês (m), no município (mu) e para uma data de cultivo (dc)

$A_{c,m,mu,dc}$ = área mensal irrigada de uma determinada cultura (c) em ha, no município (mu) e relacionada a uma data de cultivo (dc)

$t_{c,m,dc}$ = duração do ciclo da cultura (c) em dias no mês considerado (m) e correspondente a uma data de cultivo específica (dc)

86400 = fator de conversão de litro(s) por segundo por hectare (L/s/ha) para litro(s) por mês por hectare (L/mês/ha). 1 dia = 86400 segundos.

$Ea_{c,mu}$ = eficiência de irrigação para a cultura (c) na região onde se encontra o município (mu), adimensional

(2): COEFICIENTE DE RETIRADA ou COEFICIENTE DE DEMANDA da cultura para todas as datas de cultivo

$$V_{c,m,mu} = V_{c,m,mu,dc1} + V_{c,m,mu,dc2} + \dots + V_{c,m,mu,dcn}$$

$V_{c,m,mu}$ = volume em m³ destinado à irrigação de uma cultura (c) em um determinado mês (m) para o município (mu) em análise. Corresponde à vazão de retirada.

$V_{c,m,mu,dc1}$ = volume mensal em m³ destinado à irrigação por uma cultura relacionado a uma data de cultivo 1 para o município em análise

$V_{c,m,mu,dc2}$ = volume mensal em m³ destinado à irrigação por uma cultura relacionado a uma data de cultivo 2 para o município em análise

$V_{c,m,mu,dcn}$ = volume mensal em m³ destinado à irrigação por uma cultura relacionado a uma data de cultivo n para o município em análise

(3): COEFICIENTE DE RETORNO ou EFICIÊNCIA DA APLICAÇÃO DE IRRIGAÇÃO

$$V_{r,m,mu} = V_{c,m,mu} - (V_{c,m,mu} \times Pea_{s,c,mu}) - (V_{c,m,mu} \times Ea_{c,mu})$$

$V_{r,m,mu}$ = volume de retorno da irrigação em m³ para uma cultura (c) em um determinado mês (m) para o município (mu) em análise. Corresponde à vazão de retorno.

$V_{c,m,mu}$ = volume em m³ destinado à irrigação de uma cultura (c) em um determinado mês (m) para o município (mu) em análise

$Pea_{s,c,mu}$ = perda por evaporação/arraste do sistema de irrigação predominante da cultura, no município, adimensional. Sistemas de gotejamento e microaspersão não consideram perda por evaporação ou arraste

$Ea_{c,mu}$ = eficiência de irrigação para a cultura (c) na região onde se encontra o município (mu), adimensional

(4): COEFICIENTE DE CONSUMO

$$V_{cons,m,mu} = V_{c,m,mu} - V_{r,m,mu}$$

$V_{cons,m,mu}$ = volume de consumo da irrigação em m³ para uma cultura (c) em um determinado mês (m) para o município (mu) em análise. Corresponde à vazão de consumo.

$V_{c,m,mu}$ = volume em m³ destinado à irrigação de uma cultura (c) em um determinado mês (m) para o município (mu) em análise

$V_{r,m,mu}$ = volume de retorno da irrigação em m³ para uma cultura (c) em um determinado mês (m) para o município (mu) em análise

(5): PRECIPITAÇÃO EFETIVA utilizado na Eq. 1

$$P_e = SF(0,70917 \times P_t^{0,82416} - 0,11556) \times (10^{0,02426 \times ET_c})$$

P_e = precipitação efetiva média mensal, mm

P_t = precipitação total média mensal, mm

ET_c = evapotranspiração média mensal da cultura, mm

SF = fator de armazenamento de água no solo (= 1), correspondente a um valor de armazenamento médio de 75 mm.

(6): ESTIMATIVA DA EVAPOTRANSPIRAÇÃO DE REFERÊNCIA OBTIDA PELO MÉTODO PENMAN-MONTEITH (FAO)

$$ET_o = \frac{0,480 \Delta (R_n - G) \gamma \frac{900}{(T + 273)} U_2 (e_s - e_a)}{\Delta + \gamma(1 + 0,34 U_2)}$$

ET_o = evapotranspiração de referência, mm/dia

R_n = radiação líquida à superfície de cultura, MJ/ m²/dia

G = densidade do fluxo de calor do solo, MJ/ m²/dia

T = temperatura média do ar diária a 2 m de altura, °C

U_2 = velocidade do vento a 2 m de altura, m/s

e_s = pressão de vapor de saturação, kPa

e_a = pressão atual de vapor, kPa

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

Δ = declividade da curva de pressão de vapor, kPa/°C

γ = constante psicrométrica, kPa/°C

(7): EVAPOTRANSPIRAÇÃO POTENCIAL DA CULTURA

$$ET_{pc} = ET_o K_c$$

ET_{pc} = evapotranspiração potencial da cultura, mm/dia

ET_o = evapotranspiração potencial de referência, mm/dia

K_c = coeficientes de cultura para determinada fase de desenvolvimento, adimensional

(8): EVAPOTRANSPIRAÇÃO REAL DA CULTURA

$$ET_{rc} = ET_{pc} K_s$$

ET_{rc} = evapotranspiração real da cultura, mm/dia

ET_{pc} = evapotranspiração potencial da cultura, mm/dia

K_s = coeficiente de umidade do solo, adimensional

(9): COEFICIENTE DE UMIDADE DO SOLO

$$K_s = \frac{\left(1 + \frac{\log(LAA + 1)}{\log(CTA + 1)}\right)}{2}$$

K_s = coeficiente de umidade do solo, adimensional

LAA = lâmina atual de água, mm

CTA = capacidade total de armazenamento, mm

(10): COEFICIENTE DE UMIDADE DO SOLO

$$CTA = CAD \times Z$$

CTA = capacidade total de armazenamento, mm

CAD = capacidade de água disponível, mm (0,084 m³ m⁻³ para o município de Petrolina, segundo o CAD AWC da ANA).

Z = profundidade efetiva do sistema radicular da cultura, m

Para obter esse valor em mm utilizar a seguinte equação de Allen et al. (1998, p. 162):

$$TAW = 1000(\theta_{FC} - \theta_{WP})$$

TAW = total available soil water in the root zone (mm)

θ_{FC} = water content at field capacity (m³ m⁻³)

θ_{WP} = water content at wilting point (m³ m⁻³)

(11): LÂMINA ATUAL DE ÁGUA

$$LAA = CTA \times f$$

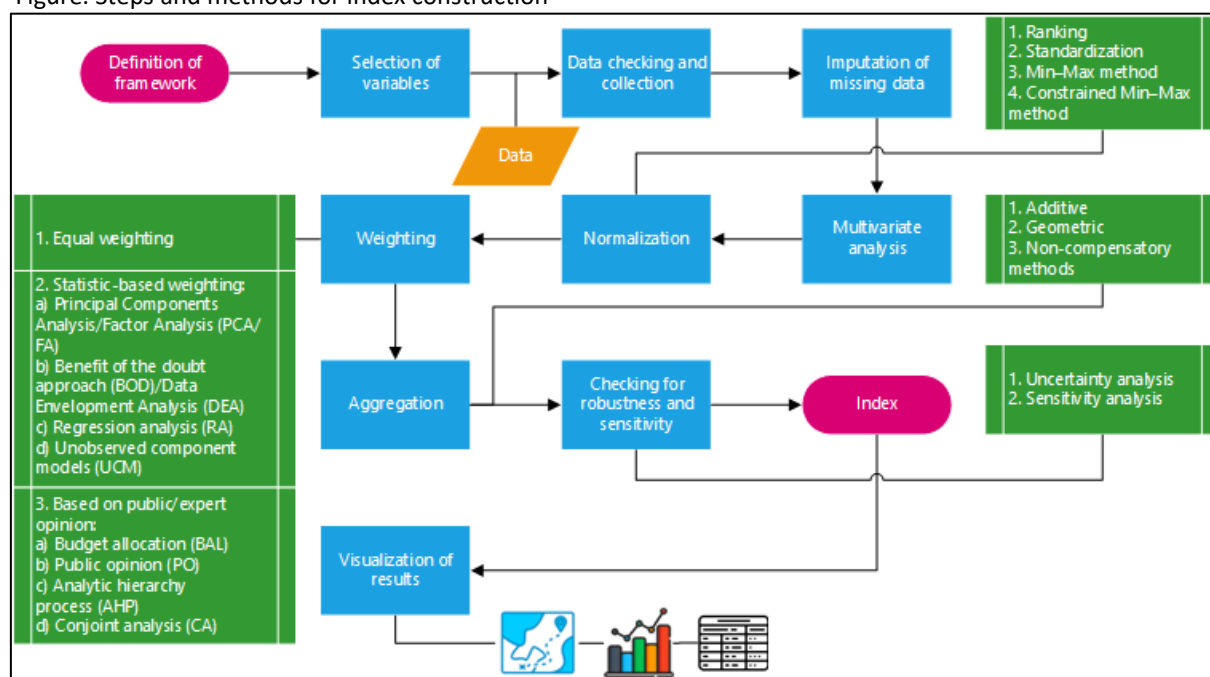
LAA = lâmina atual de água, mm

CTA = capacidade total de armazenamento, mm

f = fator de disponibilidade de água quando ainda não há estresse hídrico, adimensional

APÊNDICE X

Figure. Steps and methods for index construction



Note: Prepared by the author. The main steps (blue boxes) are based on OECD (2008); the list of normalization methods is based on Mazziotta and Pareto (2022); the list of weighting and aggregation methods is based on Gan et al. (2017); the list of robustness analysis is based on Greco et al. (2019).

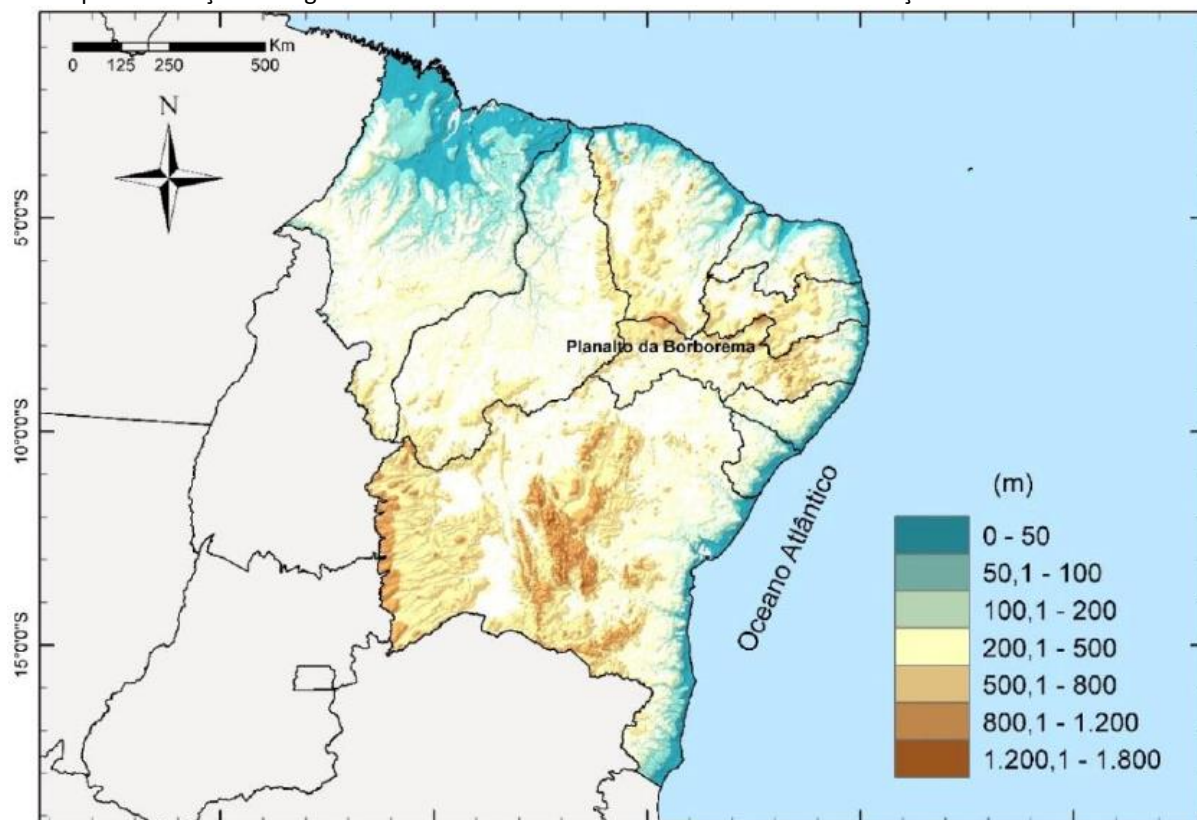
ANEXO I

Material suplementar ao que está disposto no [capítulo 1 - seção 1.1](#).

Link de acesso à Resolução nº 150 de 13/12/2021, que dispõe sobre a delimitação do semiárido:

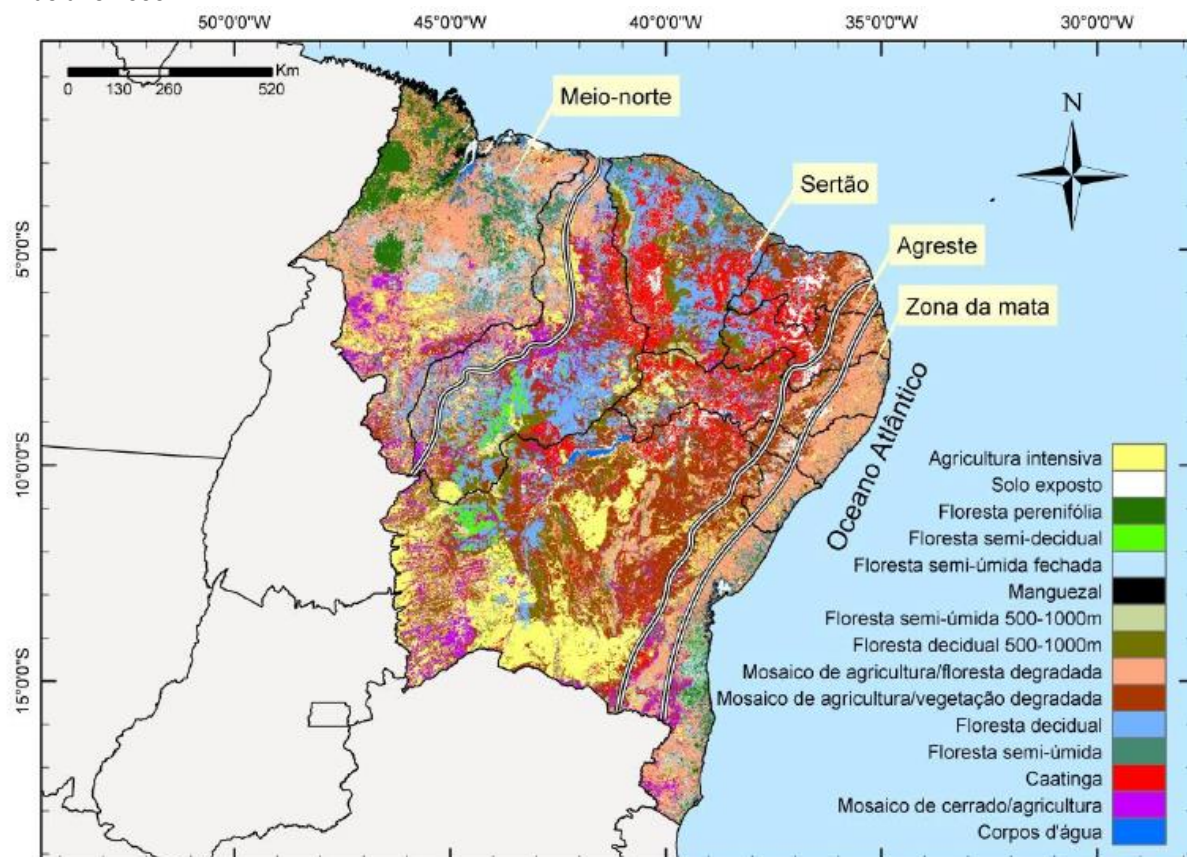
<https://www.in.gov.br/en/web/dou/-/resolucao-condel/sudene-n-150-de-13-de-dezembro-de-2021-370970623>

Mapa de elevação da região Nordeste do Brasil com base em dados com resolução horizontal de 1 km.



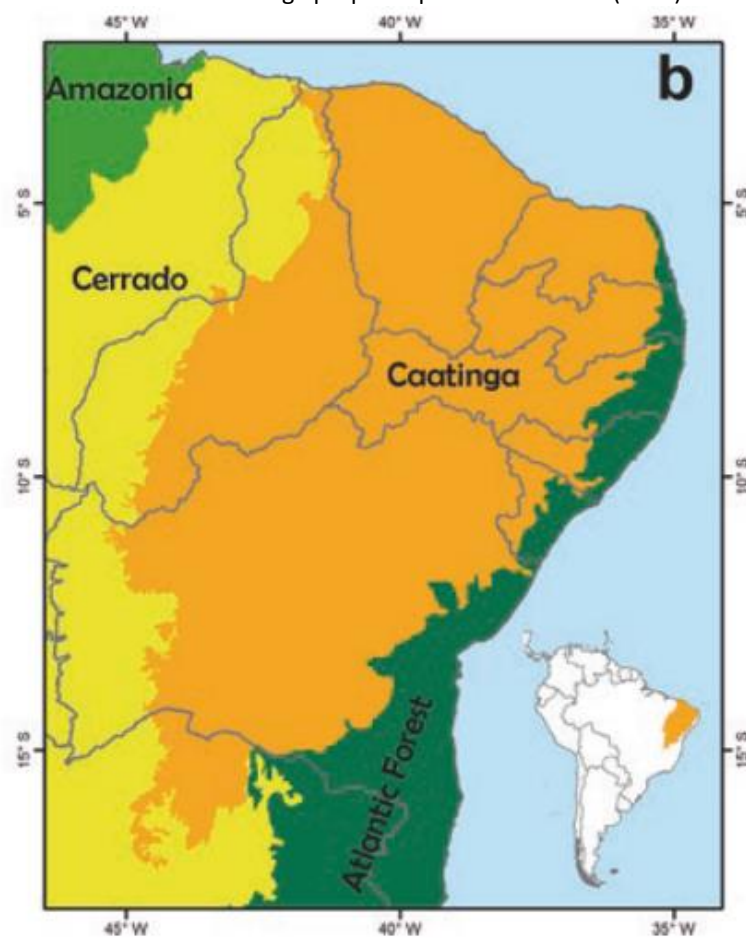
Fonte: REBOITA, M. S. et al. Causas da semi-aridez do Sertão Nordestino. *Revista Brasileira de Climatologia*, v. 19, n. Jul/Dez, p. 254–277, 2016.

Mapa das sub-regiões do Nordeste do Brasil separadas pelas linhas brancas duplas: Meio-Norte, Sertão, Agreste e Zona da Mata. Uso e ocupação do solo com base nos dados do *Global Land Cover Project*, referente ao ano 2000.



Fonte: REBOITA, M. S. et al. Causas da semi-aridez do Sertão Nordestino. *Revista Brasileira de Climatologia*, v. 19, n. Jul/Dez, p. 254–277, 2016.

Limites do bioma Caatinga proposto por Da Silva et al. (2018)



Fonte: DA SILVA, J.M.; BARBOSA, L.C.F.; LEAL, I.R.; TABARELLI, M. Chapter 1 – The Caatinga: understanding the challenges. In: DA SILVA, J. M. C.; LEAL, I. R.; TABARELLI, M. **Caatinga: The largest tropical dry forest region in South America**. Springer, 2018.

ANEXO II

Material suplementar ao que está disposto no [capítulo 1 - seção 1.2](#).

Sobre a Divisão Hidrográfica Nacional:

https://metadados.snirh.gov.br/geonetwork/srv/por/catalog.search_-_metadata/fb87343a-cc52-4a36-b6c5-1fe05f4fe98c

Sobre as Unidades de Gestão de Recursos Hídricos:

https://metadados.snirh.gov.br/geonetwork/srv/por/catalog.search_-_metadata/985f8821-2da3-4108-85a9-95985b37f3fe

https://www.gov.br/mdr/pt-br/assuntos/seguranca-hidrica/cnrh/deliberacoes-cnrh-1/resolucoes/resolucao_109_com_anexos.pdf

Sobre os usos setoriais da água:

<https://public.flourish.studio/visualisation/11403898/>

ANEXO III

Bases de dados para a viticultura

Base de dados	URL	Breve descrição
CEPEA/ESALQ	https://www.hfbrasil.org.br/br/estatistica/uva.aspx	Preços de comercialização.
COMEXSTAT	http://comexstat.mdic.gov.br/pt/home	Exportações e importações brasileiras de uva, vinhos e outras bebidas.
CONAB/PROHORT	https://www.conab.gov.br/info-agro/hortigranjeiros-prohort	Dados da comercialização de produtos hortigranjeiros – incluindo uvas - nas principais Centrais de Abastecimento (Ceasas) do país.
Dados Agrometeorológicos do Vale do São Francisco	https://www.embrapa.br/dados-agrometeorologicos-do-vale-do-sao-francisco#:~:text=A%20Embrapa%20Semi%C3%A1rido%20%28Petrolina-PE%29%20mant%C3%A9m%20uma%20rede%20de,qual%20gera%20dados%20clim%C3%A1ticos%20que%20s%C3%A3o%20disponibilizados%20gratuitamente.	Dados agrometeorológicos disponibilizados pela Embrapa Semiárido e gerados a partir de 16 estações meteorológicas localizadas no Vale do São Francisco.
FAOSTAT	https://www.fao.org/faostat/en/-data	Dados sobre a produção de alimentos para o mundo todo. Inclui dados de uva e vinho.
OIV	https://www.oiv.int/index.php/what-we-do/statistics	Dados sobre a produção global e por países do consumo de vinhos, uvas de mesa e uvas desidratadas.
Observatório da Uva/EMBRAPA Semiárido	https://www.embrapa.br/en/observatorio-da-uva	Dados sobre comercialização interna e externa de uvas de mesa no Vale do Rio São Francisco, empregabilidade do setor e produção.
PAM/IBGE	https://sidra.ibge.gov.br/pesquisa/pam/tabelas	A Tabela 1613 (lavouras permanentes) fornece informações sobre a quantidade produzida, área plantada e colhida, rendimento médio e valor da produção de uvas.
VITIBRASIL	http://vitibrasil.cnpuv.embrapa.br/	Quantidade de uvas processadas, produção e comercialização de vinhos, suco e derivados provenientes do Estado do Rio Grande do Sul.

Outras bases de dados

Base de dados	URL	Breve descrição
ANA/Áreas relevantes (hot spots) para a implementação da gestão integrada rio/aquífero	https://metadados.snirh.gov.br/geonetwork/srv/por/catalog.ssearch#/metadata/7ed03507-9f58-4065-9f87-a7489db34e99	Áreas classificadas de acordo com as estimativas do escoamento de base (contribuição dos aquíferos na vazão dos rios) nas bacias dos rios Paranapanema, Grande e São Francisco.
ANA/Base Hidrográfica Ottocodificada 1:250.000 (BHO250)	https://metadados.snirh.gov.br/geonetwork/srv/por/catalog.ssearch#/metadata/0f57c8a0-6a0f-4283-8ce3-114ba904b9fe	Trechos de Drenagem, Áreas de Contribuição Hidrográfica, Cursos d'Água, Pontos de Drenagem
ANA/Coefficientes Técnicos de Uso da Água para a Agricultura Irrigada	https://metadados.snirh.gov.br/geonetwork/srv/por/catalog.ssearch#/metadata/30c885ef-f129-4148-9cac-26b404f2bcf6	Indicadores de uso da água - mensais, por cultura e município. Inclui culturas permanentes, como a uva para vinho e para mesa.

ANA/ Cota x Área x Volume dos Reservatórios de Usinas Hidrelétricas	https://metadados.snirh.gov.br/geonetwork/srv/por/catalog.search#/metadata/b8f0487a-df73-4f8d-8b22-bb49cf9f3683	Dados das Usinas Hidrelétricas sobre a avaliação do assoreamento dos seus reservatórios. Inclui a UHE Sobradinho.
ANA/Crises Hídricas	https://metadados.snirh.gov.br/geonetwork/srv/por/catalog.search#/metadata/738fbda4-0d55-47f6-8a19-e7f0db1790bb	Registros espacializados de crises hídricas no Semiárido e outras regiões hidrográficas entre o período 2012 e 2020.
ANA/Divisão Hidrográfica Nacional (DHN250)	https://metadados.snirh.gov.br/geonetwork/srv/por/catalog.search#/metadata/fb87343a-cc52-4a36-b6c5-1fe05f4fe98c	Shapefiles de Macrorregiões Hidrográficas, Mesorregiões Hidrográficas e Microrregiões Hidrográficas
ANA/ Índice de Segurança Hídrica - ISH	https://metadados.snirh.gov.br/geonetwork/srv/por/catalog.search#/metadata/c349dc5a-0c01-4f14-9519-e3340fef2c66	O ISH foi concebido para retratar as diferentes dimensões da segurança Hídrica dentro do território brasileiro.
ANA/Massas d'água	https://metadados.snirh.gov.br/geonetwork/srv/por/catalog.search#/metadata/7d054e5a-8cc9-403c-9f1a-085fd933610c	O dado compreende todas as massas d'água do país, classificadas basicamente segundo a tipologia: naturais e artificiais e o domínio das águas: da União e estadual. Inclui o reservatório de Sobradinho.
ANA/ Nível 2 de Sub-bacias do Plano Nacional de Recursos Hídricos	https://metadados.snirh.gov.br/geonetwork/srv/por/catalog.search#/metadata/6141f37f-f15d-42e7-8495-ae9ddad0846f	A sub-bacia "São Francisco 06" engloba a região de Juazeiro e Petrolina
ANA/ Polos nacionais de agricultura irrigada	https://metadados.snirh.gov.br/geonetwork/srv/por/catalog.search#/metadata/6057fee7-b827-42c8-b7b7-dc14c6e7a66e	Identificação de 26 polos nacionais de agricultura irrigada, incluindo o Polo Petrolina/Juazeiro
CODEVASF Observatório da Irrigação	https://geoportal.codevasf.gov.br/portal/apps/sites/#/geoportal-codevasf-grkd/apps/0c66cc1a3fce46f2894afd3acd088172/explore	Dados espacializados dos Projetos Públicos de Irrigação tutelados pela CODEVASF.
IBGE/Divisão territorial	https://www.ibge.gov.br/geociencias/organizacao-do-territorio/malhas-territoriais/15774-malhas.html?=&t=acesso-ao-produto	Shapefiles de municípios, UF's e outros tipos de organização da malha territorial do Brasil
Projeto Público de Irrigação Bebedouro	https://so-desidrio-1-1-codevasf.hub.arcgis.com/datasets/3a188f807c2949459f4f2856f7319783/about	Shapefile do PPI Bebedouro
Projeto Público de Irrigação Nilo Coelho	https://so-desidrio-3-1-codevasf.hub.arcgis.com/	Shapefiles e informações técnicas do PPI Nilo Coelho

ANEXO IV

A ANA disponibiliza uma ferramenta de espacialização de anomalias de precipitação em forma de índices. Chama-se Monitor de Secas: <https://monitordesecas.ana.gov.br/mapa>.

SPI (standardized precipitation index): <http://clima1.cptec.inpe.br/spi/pt>

Esse índice é capaz de monitorar condições secas e úmidas. Refere-se a um indicador estatístico mensal que compara a precipitação acumulada em um curto período com a distribuição de chuvas em um longo período.

Valores positivos indicam chuvas acima do normal e valores negativos indicam chuvas abaixo do normal.

Em Brito et al. (2017), a resolução espacial foi de 25 km e a resolução temporal mensal, padronizada para 12 meses.

VHI (Vegetation Health Index):

<https://www.star.nesdis.noaa.gov/smcd/emb/vci/VH/vh ftp.php>

O VHI é uma fusão do Vegetation Condition Index (VCI) e o Temperature Condition Index (TCI).

O VCI deriva do NDVI (normalized difference vegetation index):

$$VCI = 100 \times \frac{(NDVI_i - NDVI_{min})}{(NDVI_{max} - NDVI_{min})}$$

Resolução espacial de 4 km e resolução temporal de 7 dias.

$$TCI = 100 \times \frac{(T_{max} - T_i)}{(T_{max} - T_{min})}$$

O TCI está relacionado com a temperatura de brilho estimada a partir da banda 4 do sensor AVHRR (infravermelho).

$$VHI_i = 0.5 \times VCI_i + 0.5 \times TCI_i$$

Mariano et al. (2018) utilizaram o LAI (Leaf Area Index) como um dos indicadores de degradação causados por variações climáticas e/ou atividade antrópica.

O LAI é produto da combinação dos sensores MODIS Terra e Aqua. Resolução espacial de 500 m e resolução temporal de 8 dias.

RiSAF (Risco de Seca na Agricultura Familiar), desenvolvido pelo CEMADEN: <https://www.gov.br/ceaden/pt-br/assuntos/monitoramento/RiSAF-Risco-da-seca-na-agricultura-familiar>

Mapa de Secas (CEMADEN): <https://mapasecas.cemaden.gov.br/>

Monitoramento de Secas e Impactos no Brasil (CEMADEN): <https://www.gov.br/ceaden/pt-br/assuntos/monitoramento/monitoramento-de-seca-para-o-brasil>