

IMPACTOS DAS SECAS NA MESORREGIÃO NORTE DE MINAS GERAIS E ESTRATÉGIAS DE ADAPTAÇÃO

IMPACTS OF DROUGHTS IN THE NORTHERN MESOREGION OF MINAS GERAIS AND ADAPTATION STRATEGIES

Júlia Marins ROCHA, Ana Carolina Vasques FREITAS

Universidade Federal de Itajubá. Instituto de Ciências Puras e Aplicadas. Rua Irmã Ivone Drumond, 200 – Bairro Distrito Industrial II. Itabira – MG. E-mails: juliamarins@unifei.edu.br; ana.freitas@unifei.edu.br

Introdução
Dados e metodologia
Área de estudo
Materiais e métodos
Resultados
Seleção dos municípios
Consideração finais
Referências

RESUMO - Os fenômenos climáticos das secas têm se intensificado cada vez mais, trazendo consequências significativas, e impactando diversos setores, em especial, agricultura, pecuária, abastecimento hídrico, turismo e em todas as esferas da vida humana. Assim, a presente pesquisa pautou a análise dos impactos decorrentes das secas nos recursos hídricos e agricultura de diferentes municípios da mesorregião norte de Minas Gerais, comparando-os e investigando suas vulnerabilidades a esses eventos. Para isso, foi realizada análise das outorgas estaduais e federais de água superficial e subterrânea, além da retirada de água para irrigação e sua correlação com a área plantada e colhida de lavouras temporárias e permanentes. Além disso, analisou-se o Índice Padronizado de Precipitação-Evapotranspiração (SPEI) e o índice de vulnerabilidade a desastres relacionados às secas. Os resultados da pesquisa mostraram que municípios como Buritizeiro apresentaram altos volumes de retirada de água para irrigação e conseguiram manter ao longo do tempo a produtividade agrícola mesmo enfrentando secas intensas, devido a mais alta quantidade de outorgas entre os municípios analisados; enquanto outros, como Januária, mesmo aumentando a retirada de água sofreram forte impacto na produção agrícola com diminuição da área plantada e colhida. Com base nos resultados podemos concluir que a gestão dos recursos hídricos ainda é um grande desafio e que é imperativo traçar políticas de adaptação que atenuem os impactos das secas.

Palavras-chave: Agricultura. Captação de água. Recursos hídricos. Secas. Vulnerabilidade.

ABSTRACT - Drought-related climate phenomena have been intensifying, bringing significant consequences and impacting various sectors, particularly agriculture, livestock, water supply, tourism, and all aspects of human life. Accordingly, this research focused on analyzing the impacts of droughts on water resources and agriculture in different municipalities of the northern mesoregion of Minas Gerais, comparing them and investigating their vulnerabilities to such events. To achieve this, the study involved an analysis of state and federal water use permits for both surface and groundwater, as well as water withdrawals for irrigation and their correlation with the planted and harvested areas of temporary and permanent crops. Furthermore, the Standardized Precipitation-Evapotranspiration Index (SPEI) and the drought-related disaster vulnerability index were analyzed. The research findings revealed that municipalities such as Buritizeiro exhibited high volumes of water withdrawal for irrigation and were able to sustain agricultural productivity over time, even under severe drought conditions, due to the greater number of water use permits compared to other municipalities. In contrast, municipalities such as Januária, despite increasing water withdrawal, experienced significant impacts on agricultural production, with reductions in both planted and harvested areas. Based on these results, we conclude that water resource management remains a major challenge and that it is imperative to design adaptation policies aimed at mitigating the impacts of droughts.

Keywords: Agriculture. Water withdrawal. Water resources. Droughts. Vulnerability.

INTRODUÇÃO

A elevação da temperatura da atmosfera e dos oceanos é um fato cada vez mais evidente, sendo que esta pode atingir entre 3,3 °C e 5,7 °C até 2100 devido as crescentes emissões de gases de efeito estufa, resultando em inúmeros impactos e prejuízos humanos e ambientais, como o declínio das geleiras continentais e mantos de gelo polar, e conseqüentemente, ocasionando no aumento significativo do nível do mar, desaparecimento de habitats e extinção de espécies; transformações nas paisagens; redução da disponibilidade hídrica para consumo humano; migração populacional;

aumento na frequência e intensidade dos eventos extremos; entre outros (IPCC, 2023).

Em termos de eventos extremos climáticos, pode-se citar o fenômeno das secas, que configuram consequências expressivas, pois impactam uma ampla gama de setores, particularmente, agricultura, pecuária, abastecimento hídrico, turismo e a vida humana de modo geral.

A seca pode ser conceituada como sendo um fenômeno natural, marcado pelo decréscimo considerável das precipitações durante um intervalo prolongado, ocasionando em uma menor capaci-

dade hídrica disponível (Van Loon, 2015). Esse conceito difere da estiagem e da escassez hídrica.

A estiagem ocorre devido a redução das chuvas, ausência ou atraso dos períodos chuvosos (Farias & Scheibe, 2024). Já a escassez hídrica é quando a necessidade por água suplanta a oferta, seja em decorrência de fatores naturais ou antrópicos, podendo advir mesmo em condições climáticas habituais (Van Loon, 2015).

As regiões semiáridas do Brasil evidenciam os efeitos adversos dos eventos de estiagem, seca e escassez hídrica com maior abrangência do que outros desastres ambientais (De Nys et al., 2016). A despeito do Brasil possuir abundantes mananciais hídricos, em comparação com demais países, também é fato que a distribuição desse recurso não é homogênea em todos os limites geográficos do país.

Essa distribuição irregular desencadeia, em algumas regiões abundância de reservas de água, enquanto outras sofrem com sua escassez; exemplo disso é a Região Nordeste e algumas áreas da Região Sudeste, como a mesorregião norte do Estado de Minas Gerais.

Conforme a classificação do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), a mesorregião norte de Minas Gerais está inteiramente inserida na região semiárida, sendo que esta duplicou em cinco anos e muitos municípios, como Gameleiras, Espinosa e Mamonas, já pas-

saram a integrar o clima árido, devido em parte a perda superior a 40% da vegetação natural de cerrado e mata seca da região (ALMG, 2024).

O território mineiro é um dos que estão propensos à desertificação, visto que possui parte de sua localização na região do semiárido brasileiro, somado aos impactos ambientais decorrentes de atividades de mineração, práticas agrícolas e desmatamentos, e por essa razão, sua mesorregião norte, em 2024, foi inserida no Plano de Ação Nacional de Combate à Desertificação e Mitigação dos Efeitos da Seca (PAB-Brasil) para que possa desenvolver meios de controle da aridez e de atenuar as consequências da seca (Brasil, 2016).

Diante destas considerações, o objetivo deste trabalho foi a realização de uma análise dos impactos dos eventos de secas nos recursos hídricos e agricultura de diferentes municípios da mesorregião norte de Minas Gerais, comparando-os e investigando suas vulnerabilidades a esses eventos e se já existem ações de adaptação em desenvolvimento e as que ainda faltam ser implementadas no intuito de contornar os prejuízos causados pelas secas que vêm ocorrendo nesta região.

Espera-se que os produtos dessa análise possam oferecer subsídios para a construção de estratégias adaptativas frente às mudanças climáticas na região semiárida mineira, podendo também ser replicados em outras regiões do país.

DADOS E METODOLOGIA

Área de estudo

A mesorregião norte de Minas Gerais (Figura 1) se estende entre as latitudes 14°24'0" e 17°33'0" sul e as longitudes 41°56'0" e 45°44'0" oeste de Greenwich, abrangendo sete microrregiões (Montes Claros, Salinas, Grão Mogol, Janaúba, Januária, Bocaiúva e Pirapora). Essa área engloba 89 municípios cobrindo uma extensão de 128.451 km², com uma população de aproximadamente 1.722.156 pessoas e uma densidade populacional média de 13,4 habitantes por km² (Cidade-Brasil, 2023).

Quanto ao relevo, a mesorregião apresenta chapadas, depressões, patamares, planaltos, planícies e serras, sendo predominantemente plano ou suavemente ondulado, com possibilidade de ocorrência de áreas moderadamente onduladas. Também apresenta duas feições geomorfológicas predominantes, as superfícies de aplainamento em cotas elevadas e aquelas associadas à depressão Sanfranciscana. As primeiras correspondem a ter-

renos planos localizados em altitudes superiores, como os planaltos da bacia do rio São Francisco. Já as segundas referem-se a extensas áreas rebaixadas que acompanham o curso do referido rio, estendendo-se desde as porções inferiores das encostas de serras e planaltos até os terraços e planícies fluviais. Do ponto de vista geológico, a região apresenta significativa diversidade, com maior incidência de formações cristalinas, sedimentares e vulcânicas (Ribeiro, 2024).

Como mencionado anteriormente, a mesorregião norte de Minas Gerais está inteiramente inserida na região semiárida e a figura 2 representa o clima da mesorregião segundo a classificação climática de Köppen-Geiger, que é amplamente utilizada para caracterizar os diferentes tipos de clima com base em temperatura e precipitação.

O clima As é tropical com estação seca no verão e chuvas concentradas no inverno, ocorrendo em quase 44% da mesorregião (Figura 2).

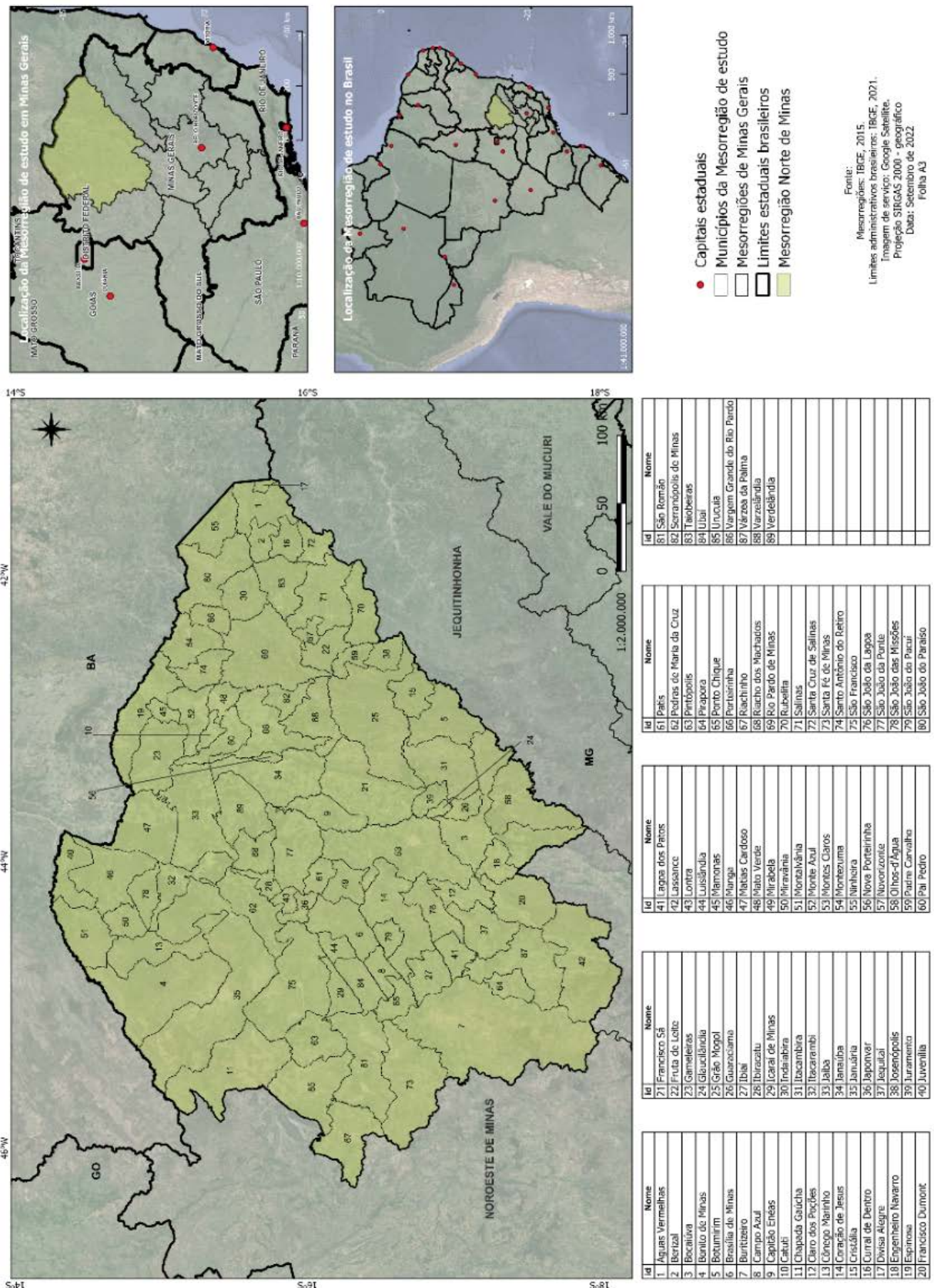


Figura 1 - Localização da mesorregião norte de Minas Gerais (Ribeiro, 2024).

O Aw, mais comum no cerrado, apresenta chuvas no verão e seca no inverno, com temperaturas elevadas ao longo do ano; o Cwa ocorre em regiões de média altitude, com verões quentes e úmidos e invernos secos e amenos; já o Cwb é

típico de regiões mais elevadas, com verões amenos, chuvas nessa estação e invernos secos e mais frios (EMBRAPA, [s.d.]). Esses tipos climáticos influenciam diretamente a disponibilidade hídrica e o uso da terra nas regiões analisadas.

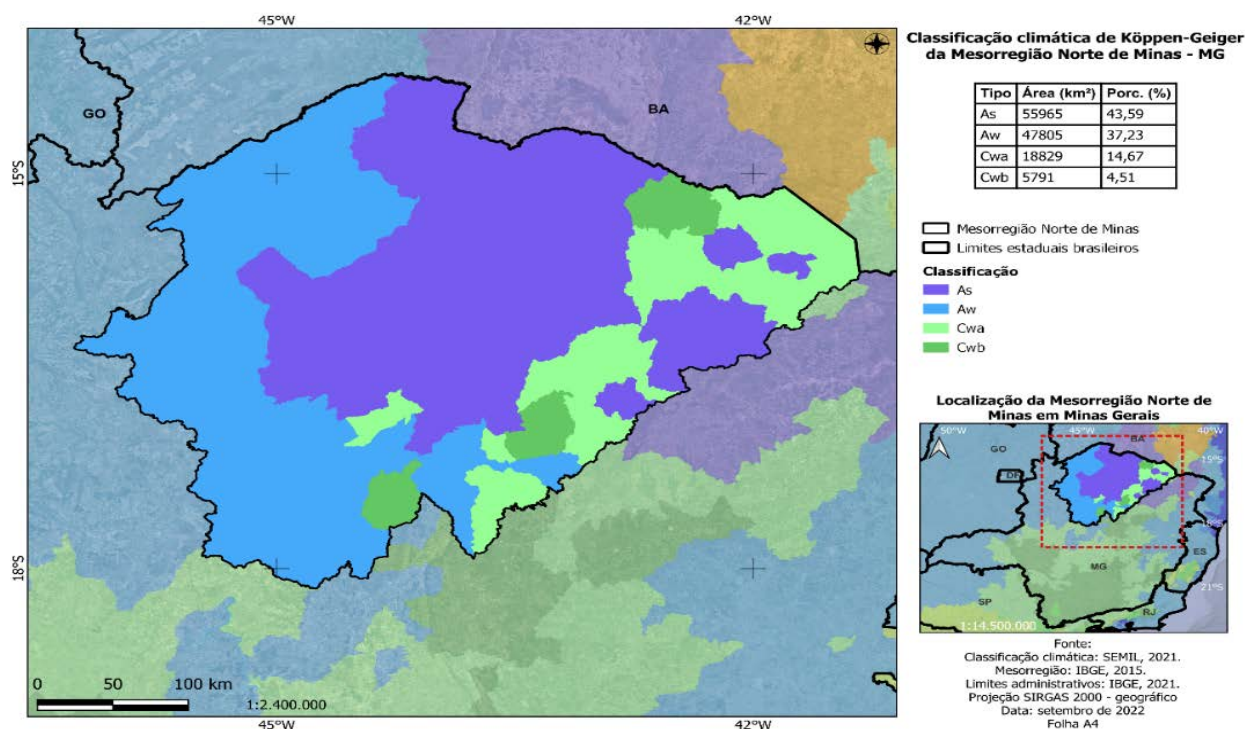


Figura 2 - Clima da mesorregião norte de Minas Gerais (Ribeiro, 2024).

Assim, a região analisada apresenta um clima predominantemente tropical (quase metade da região), com verão chuvoso (entre novembro e abril) e inverno seco (de maio a outubro), tendo como variação os climas subtropicais de altitude (CEM, 2021). Quanto ao bioma, Cerrado e Caatinga são dominantes na mesorregião norte,

além do bioma Mata Atlântica (Carvalho, 2014).

Com relação a hidrografia, a figura 3 mostra que a mesorregião se encontra inserida nas bacias hidrográficas dos rios São Francisco, Jequitinhonha e Pardo. Os rios São Francisco e Jequitinhonha são de domínio da União, enquanto o rio Pardo é de domínio estadual.

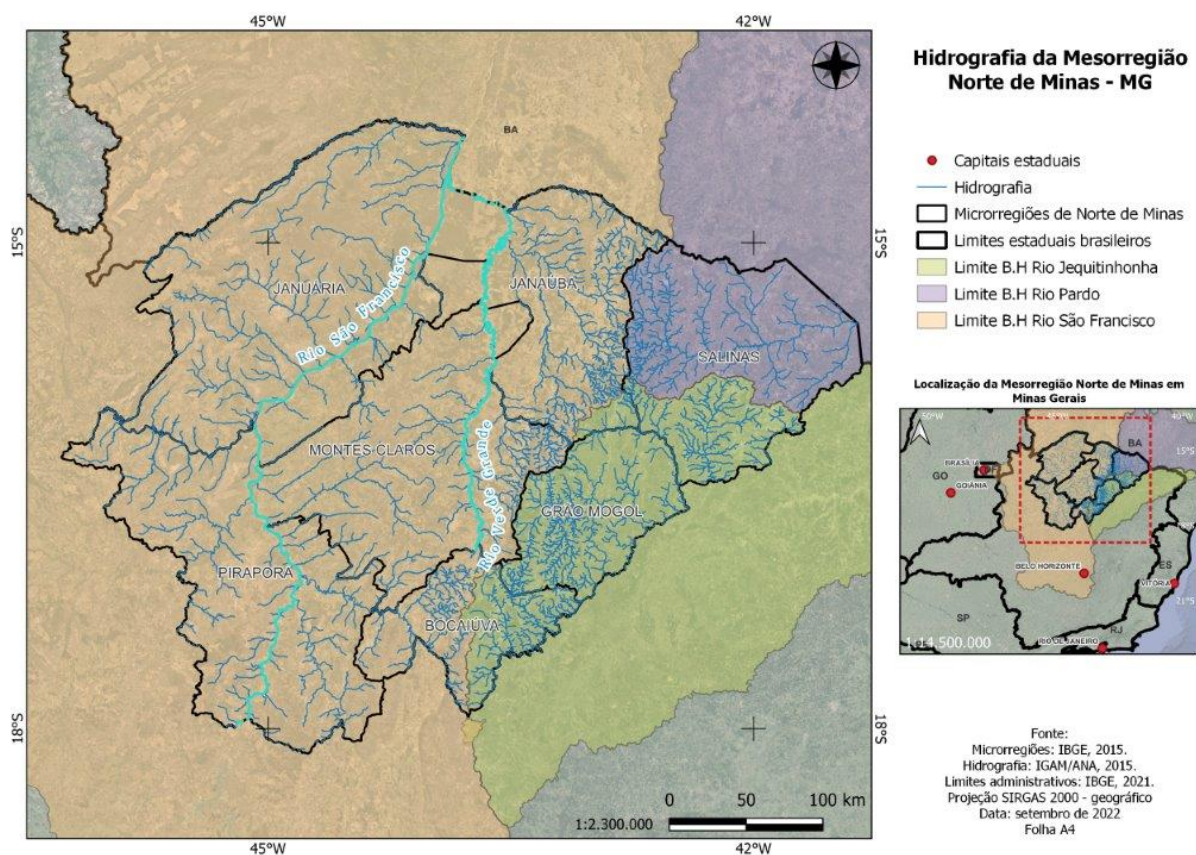


Figura 3 - Hidrografia da mesorregião norte de Minas Gerais (Ribeiro, 2024).

A figura 3 também destaca o rio Verde Grande, o qual é afluente da margem direita do rio São Francisco, tendo papel importante no desenvolvimento agrícola (irrigação) e abastecimento da região. Além disso, a mesorregião abrange sistemas aquíferos altamente relevantes para o Brasil, principalmente associados com rochas dos grupos Urucuia e Bambuí (Pacheco Neto et al., 2025; Cândido et al., 2019; Souza et al., 2014).

Em termos econômicos, a mesorregião norte de Minas se destaca na produção de culturas temporárias como algodão, arroz, feijão, girassol, milho, soja, sorgo e trigo, e permanentes como o café arábica e fruticultura, como limão e manga (APA, 2023).

Materiais e métodos

Rocha et al. (2024) investigaram o impacto das secas na mesorregião norte de Minas Gerais no período de 2003 a 2019 por meio de uma análise de tendências de precipitação e evapotranspiração. A partir desse levantamento feito pelos autores, foram selecionados 28 municípios que apresentaram simultaneamente tendências negativas estatisticamente significativas na precipitação, que significa a diminuição das chuvas, e positivas na evapotranspiração, ou seja, o aumento na perda de água.

Após essa seleção, foi realizado o levantamento das outorgas de direito de uso de recursos hídricos federais para irrigação, concedidas para os municípios selecionados no período de 2002 a 2023, no site da Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico (ANA, [s.d.]), bem como das outorgas estaduais, obtidas para o mesmo período por meio da Infraestrutura de Dados Espaciais do Sistema Estadual de Meio Ambiente e Recursos Hídricos (IDE-Sisema, 2019). Foram utilizados os dados de outorga, pois esse instrumento é essencial em períodos de seca, uma vez que os órgãos gestores utilizam a outorga para restringir captações e priorizar usos para evitar conflitos. Assim, objetivou-se, primeiramente, verificar quais municípios possuem alta demanda hídrica para irrigação (maior outorga) e, posteriormente, se isso se traduz em aumento de produtividade agrícola.

Além dos dados de outorga, foi utilizado a Base Nacional de Referência de Usos Consuntivos da Água (BD-Usos) da ANA (2019), que é composta principalmente por estimativas de usos reais (efetivos) de água. A partir dessa base de dados foi obtida a porcentagem de retirada média anual para a irrigação.

Posteriormente, uma análise de correlação linear foi feita entre essa porcentagem de retirada média anual para a irrigação e a produtividade média de lavouras temporárias e permanentes para o mesmo período, obtida do Sistema IBGE de Recuperação Automática - Produção Agrícola Municipal (SIDRA PAM-IBGE, 2023). Para avaliar a produtividade média das lavouras temporárias e permanentes avaliou-se a extensão das áreas plantadas e colhidas, considerando essas lavouras de maneira conjunta. Assim, se a área colhida caiu drasticamente em um município com alta demanda hídrica (maior outorga), isso pode significar que nem a irrigação foi capaz de diminuir os prejuízos ou houve proibição de captar água devido a um evento de seca.

O impacto da seca também pode ser avaliado por meio da diferença entre a área plantada e colhida. O cálculo foi realizado com a fórmula do coeficiente de correlação de Pearson apresentada a seguir (Fonte: Turney, 2022).

$$r = \frac{n\sum xy - (\sum x)(\sum y)}{\sqrt{[n\sum x^2 - (\sum x)^2][\sum y^2 - (\sum y)^2]}}$$

Onde:

r = coeficiente de correlação de Pearson

x e y = valores das variáveis

n = número de variáveis

A interpretação dos valores do coeficiente de correlação de Pearson segue essas especificações:

Correlação Perfeitamente Direta => **1**

Correlação Perfeitamente Inversa => **-1**

Ausência de Correlação => **0**

Adotou-se o coeficiente de correlação crítico para estabelecer as correlações estatisticamente significativas com 95% de confiança.

Para identificar os eventos de secas foi utilizado o Índice Padronizado de Precipitação-Evapotranspiração (SPEI - *Standardised Precipitation Evapotranspiration Index*), o qual se baseia em dados pluviométricos e de evapotranspiração potencial para o cálculo do déficit hídrico (Vicente-Serrano et al., 2010). Para isso, dados diários de precipitação e evapotranspiração potencial de Xavier et al. (2022) foram utilizados no período de 1982 a 2023. Após o cálculo dos valores de SPEI, estes foram classificados de acordo com o Monitor de Secas (ANA, 2026), conforme descrito na tabela 1. Posteriormente, foram investigados os impactos causados pelos eventos de seca ocorridos nos municípios sele-

cionados por meio de dados obtidos do Atlas Digital de Desastres no Brasil (MIDR, 2025).

Tabela 1 - Classificação dos eventos de seca conforme valores de SPEI

Categoria	SPEI	Descrição
S0	-0,5 a -0,79	Seca Fraca
S1	-0,8 a -1,29	Seca Moderada
S2	-1,3 a -1,59	Seca Grave
S3	-1,6 a -1,99	Seca Extrema
S4	<-2	Seca Excepcional

Elaborado pelos autores com base em Monitor de Secas (ANA, 2026).

Finalmente, os índices de vulnerabilidade aos desastres de secas para cada um dos municípios selecionados foram obtidos na plataforma AdaptaCLIMA (MMA, 2025) levando-se em consideração o modelo climático HadGEM, em dois cenários de concentração de gases de efeito estufa (RCP4.5 - mais otimista e RCP8.5 - mais pessimista).

Essa plataforma oferece um mapa interativo contendo informações e diretrizes que podem contribuir para a elaboração de estratégias de enfrentamento às mudanças climáticas. Por intermédio dessa ferramenta foi verificado e comparado esse índice entre os municípios selecionados para o estudo.

Dessa forma, é possível verificar se os municípios que atualmente já apresentam tendências negativas estatisticamente significativas na precipitação e positivas na evapotranspiração permanecerão vulneráveis a eventos de seca considerando cenários futuros de emissão de gases de efeito estufa, demandando maiores investimentos em políticas públicas para segurança hídrica, alimentar e econômica.

Assim, à luz dos resultados obtidos e da literatura levantada, elaborou-se uma recomendação de algumas medidas adaptativas para os municípios mais impactados.

RESULTADOS

Seleção dos municípios

A mesorregião norte de Minas Gerais sofre com recorrentes secas prolongadas e escassez hídrica, as quais afetam a produção agrícola, especialmente considerando o fato de que as atividades do agronegócio respondem por 90% do consumo de água no Brasil (Montoya & Finamore, 2020).

Assim, primeiramente foi feito o levantamento das outorgas de recursos hídricos para a irrigação dos 28 municípios selecionados, que

apresentaram simultaneamente tendências significativas de redução de chuva e aumento da evapotranspiração. Contudo, desses 28 municípios foram concedidas outorgas estaduais ou federais com o uso da água direcionado a irrigação somente para 23 municípios da mesorregião norte de Minas Gerais. Dessa forma, foram calculadas as vazões médias superficiais e subterrâneas no período de 2002 a 2023 em cada um desses 23 municípios, sendo esse resultado mostrado na figura 4.

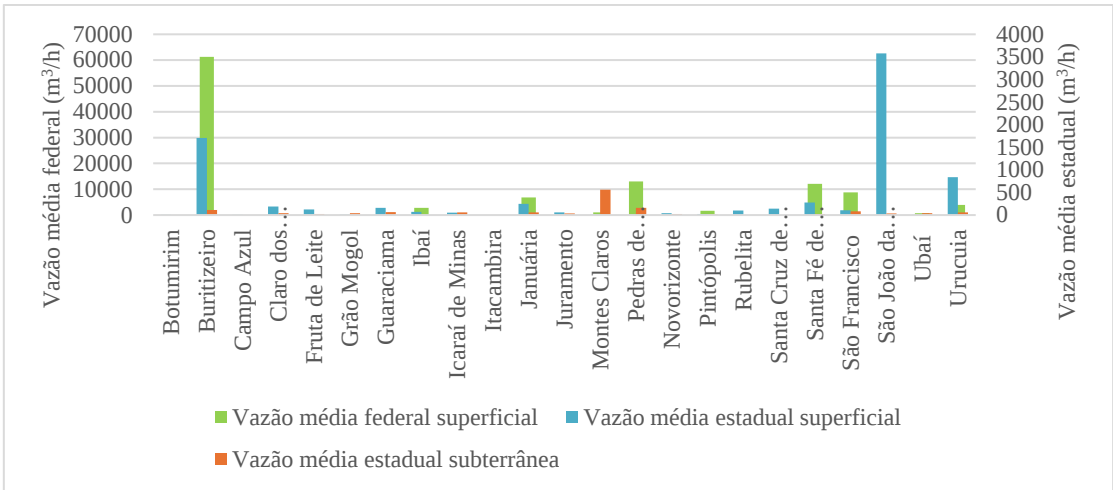


Figura 4 - Vazão média (m^3/h) estadual (superficial e subterrânea) e federal (superficial) para uso da irrigação no período de 2002 a 2023.

Nota-se, na figura 4, pela análise da vazão média estadual nas cidades da mesorregião norte de Minas Gerais, que existe, de modo geral, uma maior captação de água superficial do que

subterrânea, exceto para os municípios de Montes Claros, Icarai de Minas, Ubaí e Pedras de Maria da Cruz, que possuem somente captação de água subterrânea.

Alguns municípios como Campo Azul, Grão Mogol, Novorizonte, Pintópolis, Ubaí e Itacambira se destacam pelos baixos valores de vazão outorgadas, tanto superficiais, quanto subterrâneas. No entanto, outros municípios, como Buritizeiro, São João da Lagoa, Urucuia e Montes Claros se sobressaem pelos maiores valores de vazão outorgadas, o que pode ser um indicativo de maior disponibilidade hídrica. Esses municípios estão inseridos na bacia hidrográfica do rio São Francisco (Figura 3). No caso de Buritizeiro, além do rio São Francisco, o território do município é cortado pelo rio Paracatu e pelo rio do Formoso; já Montes Claros é drenado pela bacia do rio Verde Grande e rio Vieira e está assentado sobre o aquífero do Grupo Bambuí; São João da Lagoa faz parte da sub-bacia do rio Pacuí e apresenta rios, córregos e lagoas que banham a região; e, finalmente, o município de Urucuia está assentado sobre um dos maiores reservatórios de água subterrânea do Brasil, o aquífero Urucuia (Cândido et al., 2019).

A capacidade produtiva agrícola é diretamente afetada por eventos de seca, principalmente nos municípios que mais sofrem pela insuficiência de água. Nos locais com maior quadro de insuficiência hídrica, por exemplo, as secas constantes acarretam impactos negativos na agricultura e na pecuária de subsistência, intensificando os problemas socioeconômicos e a insegurança alimentar (Batista, 2022).

Municípios como Montes Claros, Pedras de Maria da Cruz e Buritizeiro registram maior predominância do uso de recursos de água subterrânea em relação aos outros, o que demanda atenção no que concerne à manutenção e utilização sustentável das formações geológicas aquíferas.

Buscar estratégias de adequação às secas é imprescindível, considerando a disponibilidade hídrica e o cenário produtivo de cada região, levando em conta as alterações na frequência e intensidade dos eventos extremos de seca num cenário de mudanças climáticas.

A combinação de dados observados na análise da vazão média superficial estadual e federal indica predominância da captação de água proveniente de rios federais, especialmente o rio São Francisco em quase todos os municípios; rio Carinhanha, no caso do município de Januária e rio Urucuia, no caso dos municípios de Pintópolis e Urucuia.

Destacando-se dos demais, o município de Buritizeiro, com uma vazão média superficial

federal extremamente elevada em comparação aos outros, ultrapassando 60.000 m³/h, proveniente principalmente do rio São Francisco, mas com captações também do Córrego da Taboca, Ribeirão do Jequi e Córrego da Lontra. Outros municípios como Pedras de Maria da Cruz, São Francisco e Urucuia também apresentam índices expressivos nessa categoria, o que sugere maior disponibilidade hídrica regulada por instâncias federais.

No tocante a vazões estaduais, as vazões médias revelam uma baixa captação na maior parte dos municípios, evidenciando uma forte dependência das águas de domínio da União para sustentar as atividades agrícolas. Esse fator ressalta a relevância do papel estratégico da articulação conjunta entre os entes estaduais e federais, particularmente em contextos de baixa disponibilidade hídrica e eventos de seca prolongada.

Contudo, ressalta-se que, conforme visto na figura 4, os municípios de Buritizeiro e São João da Lagoa apresentam altas vazões médias de captação de rios ou cursos d'água estaduais, sendo que Buritizeiro, diferentemente de São João da Lagoa, possui ainda uma grande captação de águas de domínio da União.

Para investigar a relação entre a porcentagem de retirada média anual para a irrigação e a produtividade média de lavouras temporárias e permanentes (medida pelas áreas plantada e colhida), foi realizada uma análise de correlação linear utilizando o coeficiente de Pearson, conforme tabela 2 a seguir.

Ressalta-se que nessa análise somente foram considerados os municípios que apresentaram as maiores captações de água superficiais e estaduais, conforme figura 4. Foi incluído também na tabela 2 a correlação entre a retirada de água para irrigação e o índice de seca SPEI.

A interpretação dos resultados foi baseada em um nível de confiança de 95%, considerando como estatisticamente significativas apenas as correlações que ultrapassaram o coeficiente crítico, cujo valor de referência é de 0,44, para esse intervalo.

A partir desses critérios, foram selecionados os municípios que apresentaram correlações relevantes entre a irrigação e o SPEI, e a área plantada e colhida, sendo eles: Buritizeiro, Januária e Santa Fé de Minas.

Esses municípios também apresentaram as menores diferenças entre a área plantada e a área colhida, indicando baixo índice de perda de safra,

Tabela 2 - Soma de área plantada e colhida, diferença percentual entre as somas e correlação entre a porcentagem de retirada média anual para a irrigação e SPEI, área plantada e colhida de lavouras temporárias e permanentes no período de 2002 a 2023. Em negrito valores estatisticamente significativos ao nível de 95%.

Município	Soma Área plantada (ha)	Soma Área Colhida (ha)	Diferença área colhida e plantada (%)	Correlação irrigação com o SPEI	Correlação irrigação com a área plantada	Correlação irrigação com a área colhida
Buritizeiro	578.502	571.877	-1%	-0,44	0,53	0,55
Januária	176.136	166.653	-5%	-0,52	-0,84	-0,85
Montes Claros	125.386	109.233	-13%	-0,67	-0,32	-0,28
Pedras de Maria da Cruz	26.464	21.526	-19%	-0,55	-0,11	-0,15
Santa Fé de Minas	15.715	15.261	-3%	-0,57	-0,84	-0,81
São Francisco	79.078	61.356	-22%	-0,57	0,02	-0,33
São João da Lagoa	53.220	44.765	-16%	-0,56	-0,26	-0,54
Urucuia	90.993	81.960	-10%	-0,40	0,54	0,34

o que pode estar associado a maior quantidade de outorgas e retirada de água para compensar as perdas.

Todos os municípios, com exceção de Urucuia, apresentaram correlações negativas significativas entre a irrigação e o SPEI, indicando que episódios de seca (valores de SPEI se tornam negativos) estão associados a maior retirada de água para irrigação.

Nota-se que, com exceção de Buritizeiro e Urucuia, as correlações com a área plantada e colhida foram negativas, especialmente em Januária e Santa Fé de Minas, que apresentaram as maiores correlações negativas, indicando que a maior captação de água para a irrigação não se traduz em aumento da produtividade agrícola. Isso pode ser explicado pela adoção de tecnologias para redução do desperdício de água, o que resulta em menor captação, mesmo que

haja aumento da área plantada, e pelo fato de que quando ocorre uma seca e a disponibilidade hídrica diminui, o produtor pode expandir o plantio em áreas de sequeiro (que dependem apenas da precipitação) para compensar a perda de áreas irrigadas.

Assim, para avaliar de fato o impacto das secas é necessário analisar conjuntamente a série histórica de eventos de seca, de retirada de água para irrigação, e da área plantada e colhida.

A figura 5 apresenta a série histórica do SPEI médio para a mesorregião norte de Minas Gerais de 1982 a 2023. Pode-se verificar que, a partir de 2002, há um período úmido de 2003 a 2011, interrompido por um evento de seca no ano de 2008 e então, de 2012 a 2020 há um período seco na região com pico de intensidade em 2015 e 2017, sendo estes anos classificados como seca grave (Tabela 1).

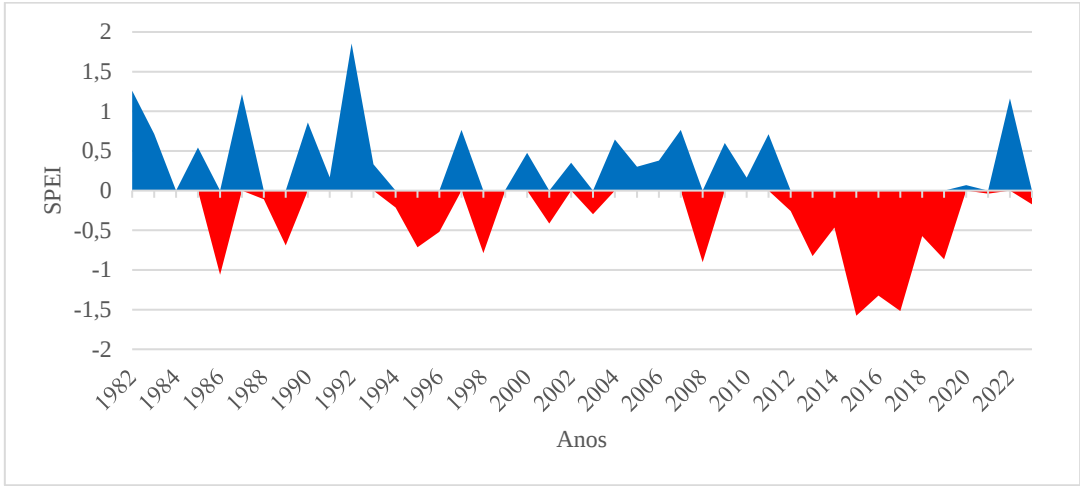


Figura 5 - SPEI médio para a mesorregião do norte de Minas Gerais de 1982 a 2023.

Enquanto a figura 5 apresenta o SPEI médio para a área de estudo, a tabela 3 mostra os eventos de seca e sua classificação para os 3 municípios que apresentaram correlações significativas entre a retirada de água para irrigação e o

SPEI, e a área plantada e colhida. Nota-se que 2017 foi classificado como um ano de seca extrema nos 3 municípios. A situação de cada município será analisada a seguir, iniciando por Buritizeiro, conforme figura 6.

Tabela 3 - Eventos de seca e sua classificação para os municípios selecionados.

Município	Seca Fraca	Seca Moderada	Seca Grave	Seca Extrema
Buritizeiro	2013	2014, 2016, 2018, 2019	2008, 2015	2017
Januária	2013, 2014, 2023	2008, 2019	2016	2015, 2017
Santa Fé de Minas	2013, 2014, 2020, 2021	2008, 2015, 2016, 2018, 2019, 2023		2017

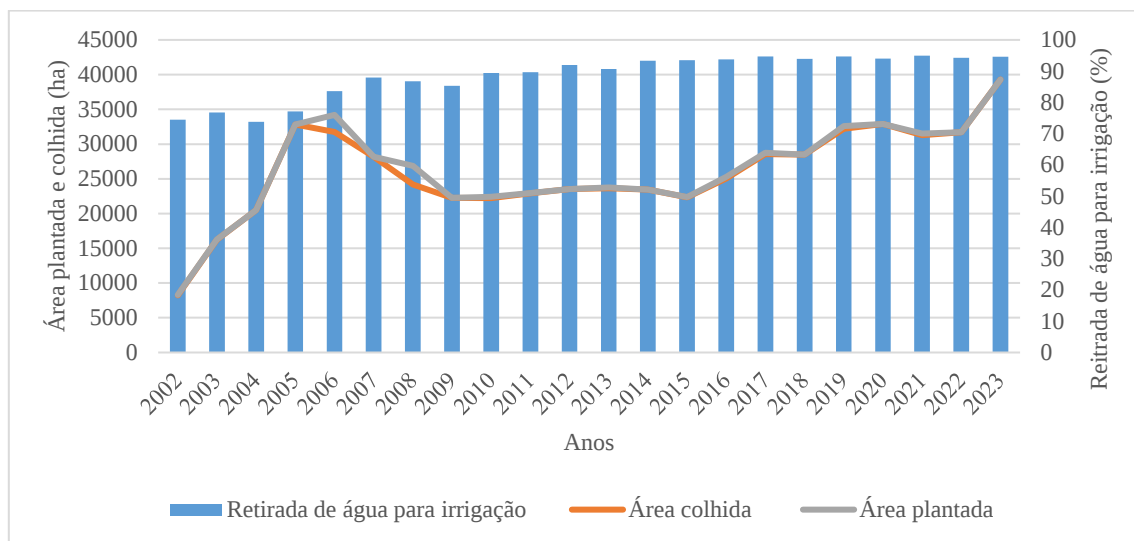


Figura 6 - Porcentagem (%) de água retirada para a irrigação e a área plantada e colhida (ha) em Buritizeiro no período de 2002 a 2023.

Buritizeiro destacou-se por apresentar alta captação de água federal e estadual, e baixa utilização de água subterrânea (Figura 4), maior correlação positiva e menor diferença entre área plantada e colhida (Tabela 2). A figura 6 revela um comportamento de crescimento contínuo na retirada de água para irrigação, especialmente a partir de 2005.

A área plantada saltou de pouco menos de 10000 hectares em 2002 para quase 40.000 hectares em 2023. Entre 2002 e 2006 houve um aumento expressivo, seguido por um período de queda até 2009, quando a diferença entre a área plantada e colhida se tornou evidente.

Em 2008 o município passou por uma seca grave (Tabela 3). De 2009 a 2014 houve uma estabilização e queda em 2015 devido a uma seca grave, e a partir disso, verificou-se uma nova tendência de expansão, mesmo com a ocorrência de secas moderadas e extrema de 2016 a 2019 (Tabela 3).

Após isso, verificou-se um salto acentuado na área plantada e colhida entre 2021 e 2023, quando houve ocorrência de um período úmido

(Figura 5).

Esse padrão pode estar associado a melhorias tecnológicas, variações climáticas e políticas de fomento à atividade agrícola, mas também sugere que, apesar da captação de água ter crescido de forma quase contínua, a conversão em área efetivamente plantada e colhida nem sempre é proporcional (EMBRAPA, 2025).

Embora tenha se verificado que Buritizeiro apresentou a menor diferença entre área plantada e colhida (Tabela 2), de acordo com o Atlas Digital de Desastres no Brasil, em 2023 (possivelmente devido ao longo período de seca de 2013 a 2019) foi registrado que “das 3.303 pessoas que residem no meio rural de Buritizeiro todas foram afetadas pelo desastre, destas 987, enfrentam falta de água potável até mesmo para consumo humano, sendo necessário recorrer ao auxílio de caminhões pipa [...] tornando em alguns casos inviável a permanência do homem no campo principalmente em razão das perdas nas lavouras, e dificuldades em manter os animais utilizados para alimentação ou geração de renda” (MIDR, 2025).

Portanto, pode-se verificar que a utilização da água em Buritizeiro, município que apresenta alta demanda hídrica (maior outorga), cresceu e se manteve elevada mesmo em anos com queda ou estabilidade na área plantada e colhida, o que indica que uma maior irrigação não é capaz de diminuir os prejuízos decorrentes dos eventos de seca.

Nos anos mais recentes, o aumento tanto na retirada de água quanto na área plantada e colhida sinaliza uma retomada positiva da produção no setor agrícola, mesmo enfrentando ainda eventos de seca, o que sugere que medidas emergenciais podem estar sendo tomadas.

Contudo, a prefeitura do município reconhece a necessidade de ações de longo prazo em termos de estratégias de mitigação da seca (Buritizeiro,

2025). A figura 7 apresenta a mesma análise para o município de Januária.

Diferentemente de Buritizeiro, Januária evidencia um comportamento divergente entre a retirada de água para sistema de rega e a área plantada e colhida durante o período analisado. A figura 7 revela que, mesmo que a retirada de água tenha aumentado, o nível de produção na agricultura decresceu drasticamente, e, por isso, as correlações observadas entre a captação para a irrigação e a área plantada e colhida foram negativas (Tabela 2).

Além disso, há correlação positiva significativa entre o SPEI e a área plantada e colhida (0,45 nos dois casos), indicando que episódios de seca em Januária estão associados a diminuição da área plantada e colhida.

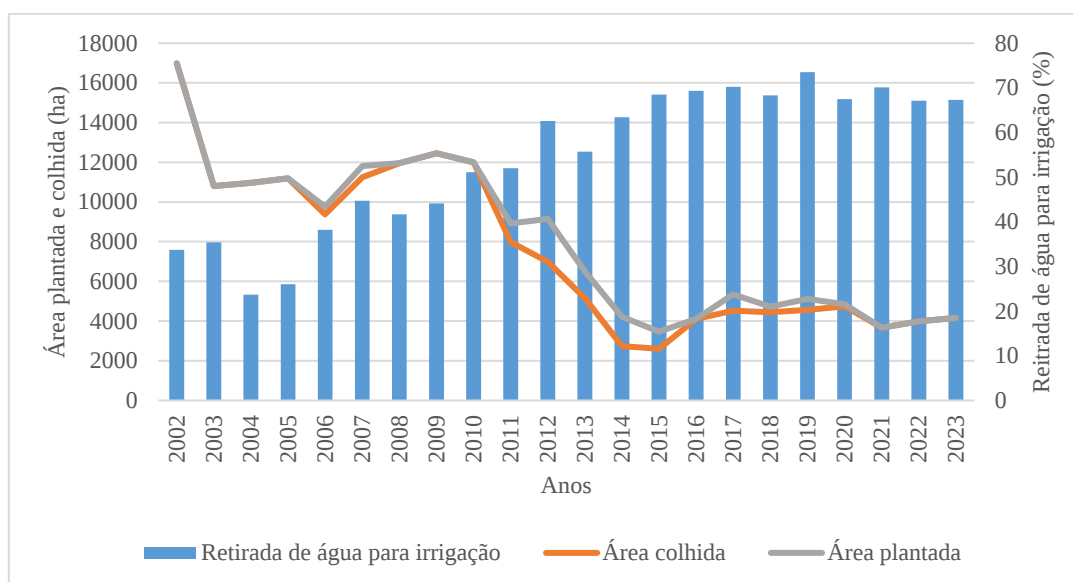


Figura 7 - Porcentagem (%) de água retirada para a irrigação e a área plantada e colhida (ha) em Januária no período de 2002 a 2023.

A partir de 2002, observa-se uma forte queda na área colhida, uma redução de aproximadamente 17.000 hectares para menos de 11.000 em 2003 e 2004, seguida de certa estabilidade até 2005, quando experimentou uma redução ainda maior e ligeiro aumento até 2010.

A partir desse ponto, há uma queda acentuada e contínua, atingindo o menor patamar em 2015, ano em que foi registrada seca extrema no município (Tabela 3), com recuperação muito lenta até 2023.

Nota-se maior diferença entre a área plantada e colhida entre 2011 e 2020, possivelmente associada aos eventos de seca sucessivos de 2013 a 2019 (Tabela 3). De acordo com o Atlas Digital de Desastres no Brasil, o município de Januária enfrentou sucessivos déficits de chuva desde o

ano de 2002, com exceção somente dos anos de 2004, 2009 e 2011, quando não foram registrados esses eventos.

De acordo com o Atlas, em 2014 houve perdas significativas na agricultura e pecuária, a qualidade da alimentação ficou comprometida devido à colheita reduzida, e em algumas escolas da zona rural faltou água potável, ocorrendo a suspensão das aulas até que houvesse o atendimento do carro pipa.

Em 2015, a suspensão das aulas atingiu 60% das escolas e nos anos de 2016 a 2019 foi registrado que, devido a escassez de água nas comunidades rurais de Januária.

Um total de 24.141 pessoas que dependem totalmente da agricultura familiar foram afetadas, pois se viram impossibilitadas de fazer plantios

devido a falta de chuva. Um aspecto que também chama a atenção na descrição dos eventos de seca neste município, foi que a partir de 2018 foram registrados problemas de defeitos nas bombas dos poços artesianos (MIDR, 2025).

Em 2020 foi registrado no Atlas que “nos últimos seis meses 15.500 pessoas foram atendidas pelo caminhão pipa do município, 7.351 ainda depende do município, mas por falta de recursos essas pessoas buscam por conta própria, 4.849 pessoas vivem sem água pois nessas comunidades os rios secaram e não se encontra água pra beber” (MIDR, 2025); situação essa que persistiu nos anos seguintes até 2023.

Assim, fica claro que a redução significativa

da área plantada e colhida esteve relacionada a eventos de seca sucessivos, o que explica a maior captação de água para a irrigação; porém, insuficiente para sustentar uma mínima produção agrícola. A figura 8 apresenta a mesma análise para o município de Santa Fé de Minas.

O município de Santa Fé de Minas também apresentou correlações negativas entre a captação para a irrigação e a área plantada e colhida (Tabela 2).

Além disso, há correlação positiva significativa entre o SPEI e a área plantada e colhida (0,57 e 0,58, respectivamente), indicando que episódios de seca estão associados a diminuição da área plantada e da área colhida em Santa Fé de Minas, assim como observado em Januária.

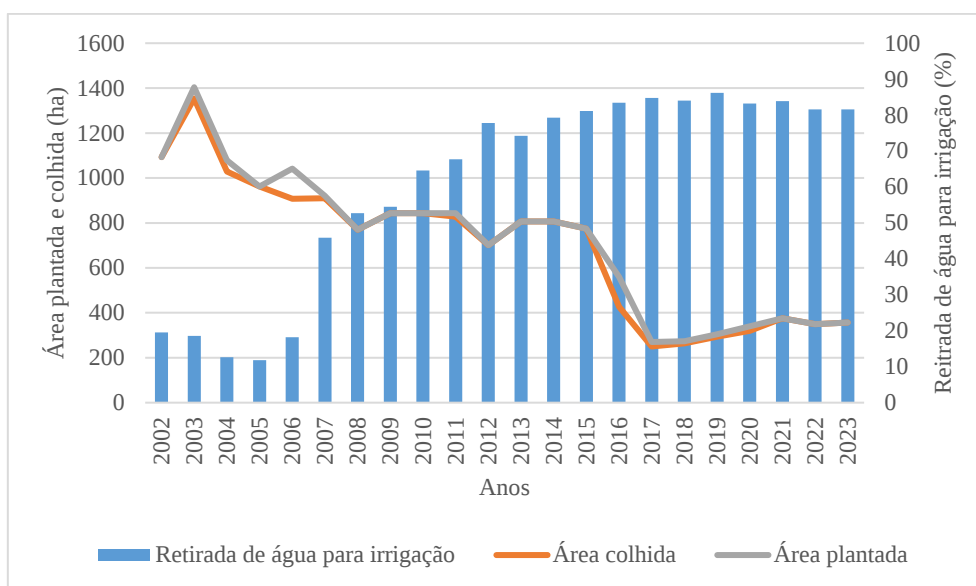


Figura 8 - Porcentagem (%) de água retirada para a irrigação e a área plantada e colhida (ha) em Santa Fé de Minas no período de 2002 a 2023.

Nota-se na figura 8 uma evolução marcante na retirada de água para irrigação, especialmente, a partir do ano de 2007. Até esse ano, os volumes eram modestos, abaixo de 400 hectares irrigados. Entretanto, a contar de 2008 nota-se um crescimento acelerado, alcançando números em torno de 1.300 hectares irrigados de 2016 a 2018. Em contrapartida, a área plantada e área colhida não acompanham esse mesmo crescimento.

Apesar de registrar picos nos primeiros anos da série (especialmente de 2002 a 2003), a tendência foi de declínio gradual até 2015, quando então se observa uma queda acentuada até 2017, quando houve uma seca extrema (Tabela 3) e maior diferença entre área plantada e colhida, com estabilização em níveis baixos até 2023, com menos de 400 hectares. Essa desconexão entre o montante de água captado e a área efetivamente colhida, possivelmente ocorreu de-

vida a fatores climáticos, considerando que, assim como Januária, Santa Fé de Minas enfrentou secas recorrentes. De acordo com o Atlas Digital de Desastres no Brasil foram registrados em Santa Fé de Minas déficits de chuva desde 2002, com exceção dos anos de 2005, 2006, 2008 e 2011 (MIDR, 2025). De acordo com a tabela 3, o município enfrentou secas de 2013 a 2023.

Por fim, foi realizada a avaliação do Índice de Vulnerabilidade aos Desastres de Seca (IVDNS) para os municípios previamente selecionados com base na correlação estatisticamente significativa entre captação hídrica para irrigação e área colhida (Tabela 4).

A consulta ao IVDNS foi feita por meio da plataforma AdaptaClima, que oferece informações atualizadas e especializadas sobre vulnerabilidades climáticas em diferentes cenários de mudanças no clima.

Tabela 4: Índice de Vulnerabilidade aos Desastres de Secas (IVDNS).

Municípios	IVDNS HadGEM 4.5	IVDNS HadGEM 8.5
Buritizeiro	Moderada (0,403)	Moderada (0,485)
Januária	Moderada (0,419)	Moderada (0,479)
Santa Fé de Minas	Moderadamente Baixa (0,340)	Moderadamente Baixa (0,356)

O índice foi analisado levando-se em consideração o modelo climático HadGEM, em dois cenários de concentração de gases de efeito estufa (RCP4.5 - mais otimista e RCP8.5 - mais pessimista).

De acordo com os dados da tabela 4, os municípios apresentaram níveis variados de vulnerabilidade, mas semelhante nos dois cenários, com maior e menor concentração de gases do efeito estufa.

Este índice avalia a exposição, em termos de frequência e intensidade dos eventos de seca; a sensibilidade, que avalia a predisposição de sistemas socioeconômicos e ambientais de serem afetados pelas secas; e a capacidade adaptativa, que avalia a capacidade de resposta e adaptação da população e do ambiente aos impactos das secas (AdaptaClima).

O índice possui uma classificação que varia de vulnerabilidade muito baixa até muito alta. A tabela 4 mostra que Buritizeiro e Januária apresentam vulnerabilidade moderada, enquanto Santa Fé de Minas apresenta vulnerabilidade moderadamente baixa.

No caso de Buritizeiro, foi possível observar anteriormente que o município conseguiu manter certa produtividade agrícola mesmo enfrentando secas recorrentes.

A componente de sensibilidade de Buritizeiro no IVDNS apresenta um valor relativamente baixo (0,291), já a de capacidade adaptativa é elevada (0,658), bem como a de exposição (0,491 no pior cenário).

Já Santa Fé de Minas, apesar de não ter conseguido manter a produtividade, apresenta o mesmo valor de sensibilidade de Buritizeiro (0,291); porém, menor exposição (0,351) e menor capacidade adaptativa (0,541), por ser um município de pequeno porte.

Por fim, Januária, mesmo aumentando a retirada de água para irrigação, não conseguiu manter a produtividade agrícola. Esta é uma das cidades mais importantes do norte mineiro e apresenta a componente de sensibilidade mais elevada que Buritizeiro e Santa Fé de Minas (0,366), significando maior predisposição dos sistemas socioeconômicos e ambientais de serem

afetados pelos eventos de secas.

De fato, as secas recorrentes resultaram em uma perda de cerca de 13.000 ha de área plantada entre 2002 e 2015 e Januária, o que representa mais de dez vezes a perda observada em Santa Fé de Minas (Figuras 7 e 8).

Além disso, Januária apresenta exposição elevada (0,405), embora menor que Buritizeiro e capacidade adaptativa mais alta (0,552) que Santa Fé de Minas e menor que Buritizeiro.

Assim, considerando os três municípios verifica-se que a componente de exposição é o diferencial contra os municípios de Buritizeiro e Januária, o que significa maior vulnerabilidade em termos de frequência e intensidade dos eventos de seca em relação a Santa Fé de Minas.

De fato, a tabela 3 mostra que Santa Fé de Minas apresentou um maior número de eventos de seca fraca e nenhum de seca grave em relação aos outros dois municípios.

Ao longo dos últimos anos, as dinâmicas financeiras relacionadas ao enfrentamento dos efeitos da seca e à adaptação climática têm oscilado de forma significativa. Em determinados períodos, observam-se aportes expressivos de recursos voltados para ações emergenciais e estruturantes, o que indica momentos de maior atenção institucional e priorização da pauta climática.

Essas variações costumam refletir a resposta a eventos extremos mais intensos, como secas severas, que exigem mobilização rápida de investimentos para mitigar impactos imediatos sobre a população e a produção agrícola (Sampaio & Sampaio, 2014).

A instabilidade na aplicação de recursos evidencia a necessidade de repensar os modelos de financiamento voltados à adaptação climática, buscando alternativas que garantam previsibilidade, continuidade e foco em ações preventivas, e não apenas reativas.

O fortalecimento de instrumentos de planejamento orçamentário e a integração entre esferas de governo são essenciais para consolidar uma resposta mais estruturada, técnica e resiliente frente aos desafios impostos pelas mudanças no regime hídrico e climático (FGVces, 2024).

CONSIDERAÇÕES FINAIS

A análise dos reflexos da seca nos municípios da mesorregião norte de Minas Gerais mostrou-se vital para a detecção de fragilidades locais e para a proposição de estratégias adaptativas. Os dados indicaram que Buritizeiro e Januária apresentam maior vulnerabilidade em termos de frequência e intensidade dos eventos de seca do que Santa Fé de Minas.

Buritizeiro aumentou a retirada de água para a irrigação e conseguiu manter ao longo do tempo a produtividade agrícola, mesmo enfrentando episódios de secas intensas, sendo que foi o único município que apresentou forte correlação positiva entre a retirada de água para uso em irrigação e a área plantada e colhida, sugerindo maior estabilidade produtiva, conseguida por meio da mais alta quantidade de outorgas entre os municípios analisados.

Já o município de Januária enfrentou ocorrência recorrente de secas severas, afetando drasticamente a produção agrícola, mesmo com maiores captações de água para a irrigação, atestada por significativas correlações negativas entre o índice de secas SPEI e a área plantada e colhida. Ademais, a dependência de fontes hídricas subterrâneas, por sua menor capacidade de reposição e abastecimento, não tem resultado em aumento proporcional da área plantada e colhida, o que reforça a relevância do planejamento hídrico integrado.

A análise desses índices, à luz da literatura e dos resultados anteriores de correlação, permite afirmar que medidas adaptativas devem ser priorizadas nos municípios com maior vulnerabilidade aos eventos de seca.

Nesse sentido, recomenda-se os seguintes procedimentos de adaptação para otimizar a resiliência agrícola na mesorregião norte de Minas Gerais: implementação de gerenciamento integrado dos recursos hídricos, com controle de retirada e monitoramento contínuo da disponibilidade; modernização dos sistemas de abastecimento de água para irrigação, priorizando soluções tecnológicas mais eficazes, como a microaspersão e o gotejamento; diversificação das culturas agrícolas, privilegiando espécies

com maior capacidade de resistência à seca; apoio governamental ágil e estruturado durante eventos críticos, com subsídios e infraestrutura emergencial; investimento em educação técnica rural, com ênfase em práticas agrícolas adaptativas e manejo consciente da água; reflorestamento de nascentes e preservação de matas ripárias como estratégias contínuas para aumento da oferta hídrica e promover equilíbrio ecológico.

A adoção de práticas conservacionistas é essencial para a sustentabilidade da agricultura, especialmente em regiões suscetíveis à degradação ambiental. Técnicas voltadas à conservação do solo, como o plantio direto, rotação de culturas, adubação verde e cobertura morta, ajudam a preservar a estrutura do solo, aumentar a infiltração de água, manter a fertilidade e reduzir a erosão. Além disso, práticas como o cultivo em nível, o terraceamento e o manejo da vegetação nativa, como matas ciliares, são estratégias eficazes para conter o escoamento superficial e proteger os recursos hídricos.

No que diz respeito à conservação da água, recomenda-se o uso de métodos que promovam o aproveitamento eficiente e a retenção dos recursos hídricos. Entre as técnicas mais eficazes estão a irrigação localizada ou por gotejamento, que reduz desperdícios, a construção de barragens e açudes, que armazenam água para períodos de estiagem, e a recuperação de nascentes e áreas degradadas, que fortalece os fluxos naturais e reduz a erosão. O reúso de águas residuais em atividades não potáveis e a captação da água da chuva também são soluções sustentáveis para diminuir a pressão sobre mananciais.

A integração dessas estratégias permite uma gestão mais eficiente dos recursos naturais, promovendo não apenas o aumento da produtividade agrícola, mas também a conservação ambiental em longo prazo.

Essas medidas, associadas ao contínuo monitoramento dos efeitos das mudanças climáticas, são fundamentais para assegurar um futuro agrícola mais sustentável, seguro e resiliente na mesorregião norte de Minas Gerais.

REFERÊNCIAS

ALMG - Assembleia Legislativa do Estado de Minas Gerais. **Norte de Minas já tem municípios no clima árido**. 2024. Disp. em: <https://www.almg.gov.br/comunicacao/noticias/arquivos/Norte-de-Minas-ja-tem-municipios-no-clima-arido/>.

Acessado em: 04 jun 2025.
ANA - Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico. [s.d.]. Disp. em: <https://www.gov.br/ana/pt-br/assuntos/regulacao-e-fiscalizacao/outorga/outorgas-emitidas>. Acessado em: 19 jun 2025.

- ANA - Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico. **Tabela de classificação. Monitor de Secas.** Disp. em: <https://monitor.desecas.ana.gov.br/tabela-de-classificacao>. Acesso em: 22 abr. 2026.
- ANA - Agência Nacional de Águas e Saneamento Básicos, 2019. **Base Nacional de Referência de Usos Consuntivos da Água no Brasil.** Disp. em: <https://app.powerbi.com/view?r=eyJrIjoiMWE2ZTE1NmItOGUyZS00ZTc1LTljMzUtNDgwYjVhODcyNWl1IiwidCI6ImUwYmI0MDEyLTgxMGItNDY5YS04YjRkLTkyN2ZjZDFiYWY4OCJ9>. Acessado em: 04 jun 2025.
- APA - Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Minas Gerais. Balanço do Agronegócio**, 2023. Disp. em: https://www.mg.gov.br/system/files/media/agricultura/documento_detalhado/2024/publicacoes-de-agrodados/balanco-do-agronegocio/balanco-2023.pdf. Acessado em: 27 maio 2025.
- BATISTA, D.F. Impacto da Seca na Agricultura dos Territórios Agreste Central, Alto Sertão e Centro-Sul de Sergipe. **Revista Brasileira de Meteorologia**, v. 37, n. 1, 2022. <https://doi.org/10.1590/0102-7786371000>.
- BRASIL. **Lei Nº 12.187, de 29 de dezembro de 2009.** Disp. em: https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2007-2010/2009/lei/112187.htm. Acessado em: 27 maio 2025.
- BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. **Política Nacional sobre Mudança do Clima.** Disp. em: <https://antigo.mma.gov.br/clima/politica-nacional-sobre-mudanca-do-clima.html>. Acessado em: 27 maio 2025.
- Brasil. **Plano Nacional de Adaptação à Mudança do Clima – Vol. I: Estratégia Geral.** 2016. Disp. em: <https://www.gov.br/mma/pt-br/assuntos/biodiversidade-e-ecossistemas/ecossistemas/biomas/arquivos-biomas/plano-nacional-de-adaptacao-a-mudanca-do-clima-pna-vol-i.pdf>. Acessado em: 27 maio 2025.
- BURITIZEIRO. Prefeitura Municipal de Buritizeiro. **Enfrentando a Seca: Ação da Prefeitura de Buritizeiro em parceria com a Defesa Civil do Estado**, 2025. Disp. em: <https://www.buritizeiro.mg.gov.br/blog/enfrentando-a-seca-acao-da-prefeitura-de-buritizeiro-em-parceria-com-a-defesa-civil-do-estado/200/>. Acessado em: 04 jul 2025.
- CÂNDIDO, M.O.; BEATO, D.A.C.; FIUME, B.; SCUDINO, P.C.B. CARNEIRO, F.A.; NASCIMENTO, F.M.F.; COUTINHO, M.M.; ALMEIDA, C.S.C. de; SOCORRO, A.S.; SANTANA, M.S.; RIBEIRO, R.S.; CORDEIRO, B.H.O.L. **Projeto Águas do Norte de Minas, PANM: Estudo de Disponibilidade Hídrica Subterrânea do Norte de Minas Gerais: Relatório de Integração.** Belo Horizonte: CPRM, 2019. Disp. em: <https://rigeo.sgb.gov.br/items/565ab0a9-b129-420c-9490-849813e907df>. Acessado em: 21 abr 2026.
- CARVALHO, C.F. **Proposição de fundamentos de Gerenciamento de Recursos Hídricos para bacias hidrográficas do semiárido mineiro, com base em um estudo de caso no Município de Monte Azul/MG.** 2014. Monografia (Especialização em Gerenciamento de Recursos Hídricos). Universidade Federal de Minas Gerais, Instituto de Ciências Biológicas.
- CEM - Centro de Estudos da Metrópole. **Zonas Climáticas do Brasil conforme Köppen**, 2021. <https://doi.org/10.55881/CEM.db.clk001>.
- CIDADE-BRASIL. **Mesorregião do Norte de Minas**, 2023. Disp. em: <https://www.cidade-brasil.com.br/mesorregiao-do-norte-de-minas.html>. Acessado em: 27 maio 2025.
- DE NYS, E.; ENGLE, N.L.; MAGALHÃES, A.R. **Secas no Brasil: política e gestão proativas.** Brasília, DF: Centro de Gestão e Estudos Estratégicos - CGEE; Banco Mundial, 2016.
- EMBRAPA. **Clima.** Disp. em: <https://www.cnpf.embrapa.br/pesquisa/efb/clima.htm>. Acessado em: 27 maio 2025.
- EMBRAPA. **Tecnologia e os Estresses da Água e da Temperatura no Campo.** 2025. Disp. em: <https://www.embrapa.br/busca-de-noticias/-/noticia/99164665/artigo---tecnologia-e-os-estresses-da-agua-e-da-temperatura-no-campo>. Acessado em: 02 jul 2025.
- FARIAS, G.B.L. & SCHEIBE, L.F. Mudanças climáticas e águas subterrâneas: efeitos e considerações sobre o estado de Santa Catarina, Brasil. **Brazilian Geographical Journal: Geosciences and Humanities research medium**, Ituiutaba, v. 15, n. 2, p. 54-74, 2024.
- FGVces - Centro de Estudos em Sustentabilidade a Fundação Getúlio Vargas. **Análise de formatos e modelos de interação entre governo e setor privado para adaptação às mudanças do clima**, v. 23, n. 1, 2024.
- IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Clima**, 2002. Disp. em: <https://www.ibge.gov.br/geociencias/informacoes-ambientais/climatologia/15817-clima.html?=&t=acesso-ao-produto>.
- IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Pesquisa Nacional por Amostra de Domicílios Contínua.** Rio de Janeiro: IBGE, 2022a. Disp. em: <https://sidra.ibge.gov.br/pesquisa/pnadct/tabelas>. Acessado em: 19 jun 2025.
- IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Produto Interno Bruto dos Municípios.** Rio de Janeiro: IBGE, 2022b. Disp. em: <https://sidra.ibge.gov.br/pesquisa/pib-munic/tabelas>. Acessado em: 01 jun 2025.
- IDE-SISEMA - Infraestrutura de Dados Espaciais do Sistema Estadual de Meio Ambiente e Recursos Hídricos. **Belo Horizonte: IDE-Sistema**, 2019. Disp. em: idesistema.meioambiente.mg.gov.br. Acessado em: 19 jun 2025.
- IPCC - **Painel Intergovernamental sobre Mudança do Clima**, 2023. Disp. em: https://www.ipcc.ch/report/ar6/syr/downloads/report/IPCC_AR6_SYR_LongerReport_PO.pdf. Acessado em: 19 jun 2025.
- MIDR - Ministério da Integração e do Desenvolvimento Regional. **Atlas Digital de Desastres no Brasil**, 2025. Disp. em: <https://atlasdigital.mdr.gov.br/>. Acessado em: 19 jun 2025.
- MMA - Ministério do Meio Ambiente. **AdaptaCLIMA**, 2025. Disp. em: <http://adaptaclima.mma.gov.br/>. Acessado em: 19 jun 2025.
- MONTOYA, M.A. & FINAMORE, E.B. Recursos Hídricos no Agronegócio Brasileiro: Uma Análise Insumo-Produto de Uso, Consumo, Eficiência e Intensidade. **Revista Brasileira de Economia**, v. 74, p. 441-464, 2020. <https://doi.org/10.5935/0034-7140.20200021>.
- PACHECO NETO, W.M.; PAULA, R.S.; TEIXEIRA, G.M.; PAPA, R.A.C.; PENA, M.A.C.; RONCATO, J.; ALVAREZ, G.C.; BARBOSA, D. Hydrogeological characterization of the São Francisco River basin's tributaries in a semi-arid region, state of Minas Gerais, Brazil. **Caderno Pedagógico**, v. 22, n. 13, e21417, 2025. <https://doi.org/10.54033/cadpedv22n13-115>
- RIBEIRO, P.L. **Análise e previsão de secas no norte de Minas Gerais utilizando machine learning.** 2024. Itajubá. 141 p. Dissertação (Mestrado Profissional em Rede Nacional em Gestão e Regulação de Recursos Hídricos – PROFÁGUA), Instituto de Ciências Puras e Aplicadas, Universidade Federal de Itajubá, Campus de Itabira, Minas Gerais, 2024. Disponível em: <https://repositorio.unifei.edu.br/jspui/handle/123456789/4130>.
- ROCHA, G.G.; FREITAS, A.C.V.; CUNHA, A.P.M. A. Impactos das secas na produção de feijão e milho na Mesorregião Norte de Minas Gerais. **Revista Brasileira de Climatologia**, v. 34, n. 20, p. 505–532, 2024. Disponível em: <https://doi.org/10.55761/abclima.v34i20.17795>.
- SAMPAIO, Y. & SAMPAIO, G. R. Impactos da seca sobre a economia do semiárido, emprego, renda e sua distribuição e implicações para a política de combate à seca. **Revista Economia & Desenvolvimento**, v. 13, n. 1, 2014. <https://periodicos.ufpb.br/index.php/economia/issue/view/1542>.
- SIDRA PAM-IBGE - **Sistema IBGE de Recuperação Automática. Produção Agrícola Municipal**-Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Disp. em: <https://sidra.ibge.gov.br/pesquisa/pam/tabelas>.
- SOUZA, M. C.F.B.; OLIVEIRA, S.C.; PAIXÃO, M.M.O.M.; HAUSSMANN, M.G. Aspectos Hidrodinâmicos e Qualidade das Águas Subterrâneas do Aquífero Bambuí no Norte de Minas Gerais. **Revista Brasileira de Recursos Hídricos**, v. 19, n.1, p. 119-129, 2014.

- TURNEY, S. **Coeficiente de Correlação Pearson (r)** | Guia e Exemplos. Scribbr. Disp em: <https://www.scribbr.com/statistics/pearson-correlation-coefficient/>.
- VAN LOON, A.F. Seca hidrológica explicada. **WIREs Water**, v. 2, p. 359-392, 2015. Disp. em: <https://doi.org/10.1002/wat2.1085>.
- VICENTE-SERRANO, S. M.; BEGUERÍA, S.; LÓPEZ-MORENO, J. I. A Multiscalar Drought Index Sensitive to Global Warming: The Standardized Precipitation Evapo transpiration Index. **Journal of Climate**, v. 23, n. 7, p. 1696–1718, 2010.
- XAVIER, A.C.; SCANLON, B.R.; KING, C.W.; ALVES, A.I. New improved Brazilian daily weather gridded data (1961–2020). **International Journal of Climatology**, v. 42, n. 16, p. 8390–8404, 2022. <https://doi.org/10.1002/joc.7731>

Recebido em 18 de julho de 2025

Aceito para publicação em 25 de abril de 2026