

Andrey Luis Binda

Doutor em Geografia pela Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS),  
Professor da Universidade Federal da Fronteira Sul (UFFS - Chapecó/SC)  
abinda@uffs.edu.br

Roberto Verdum

Professor Titular do Departamento de Geografia do Instituto de Geociências  
da Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS)  
verdum@ufrgs.br

---

# Estiagens, secas e os processos de arenização na Bacia Hidrográfica do Arroio Miracatu, sudoeste do estado do Rio Grande do Sul

## Resumo

Os processos de arenização no sudoeste do Rio Grande do Sul são altamente dinâmicos, ora por meio da água, ora por ação dos ventos que remobilizam as exposições arenosas nos períodos com ausência de chuva. Assim, tanto o excesso como a escassez pluviométrica são fundamentais para a compreensão desses processos. Partindo desse pressuposto, o presente trabalho visa a analisar a ocorrência de estiagens e secas considerando uma série de dados pluviométricos (1970-2015) coletados na Bacia Hidrográfica do Arroio Miracatu, local este onde se encontra a maior extensão de áreas em processo de arenização. Considerando a metodologia empregada para a determinação de episódios de estiagem (períodos com mais de 15 dias sem chuva), constatou-se que houve registros em praticamente todos os anos estudados (exceto um). Mensalmente, a distribuição piramidal dos episódios coloca o trimestre maio-julho como o mais propício, embora possam ocorrer em qualquer época do ano. Contudo, a maior frequência de estiagens na década de 1970 é reflexo de um grande período seco, cuja determinação foi possível a partir do Índice Padronizado de Seca Pluviométrica.

**Palavras-chave:** Precipitação, Estiagem, Seca, Areais, Erosão dos solos.

## Abstract

DRY PERIODS, DROUGHTS AND THE SANDIZATION PROCESSES IN MIRACATU CREEK WATERSHED, SOUTHWEST OF RIO GRANDE DO SUL STATE, BRAZIL

The sandization processes in the southwest of Rio Grande do Sul State are highly dynamic, sometimes through water action, sometimes due to winds action that remobilize sandy deposits in dry periods with no rain. Thus, both the excess and the absence of rain are fundamental for understanding this process. Based on this assumption, the present work aims to analyze the occurrence of droughts and dry periods considering a rainfall data series (1970-2015) collected in the Miracatu Creek Watershed, site where there is the largest extension of areas in the sandization process. Considering the methodology used to determine drought episodes (periods with more than 15 consecutives dry days), it was found that there were records in practically every year studied (except one). Monthly, the pyramidal distribution of episodes puts the May-July quarter as the most favorable, although they can occur at any time of the year. However, the greater frequency of droughts in the 1970s reflects a long dry period, whose determination was possible based on the Standardized Precipitation Index.

**Key-words:** Rain, Dry periods, Droughts, Sandy areas, Soil erosion.

## 1. Introdução

No sudoeste do estado do Rio Grande do Sul, a ocorrência de feições erosivo-deposicionais, sob a forma de ravinas, voçorocas e depósitos arenosos foram, por anos, interpretadas como núcleos de desertificação, incrustadas no bioma pampa. Contudo, os trabalhos pioneiros de Suertegaray (1987) e, posteriormente, de Verdum (1997), corroboraram para desmistificar a gênese associada àquele processo típico de áreas com climas áridos, semiáridos ou subúmidos secos, de modo que um novo processo geomorfológico foi, então, reconhecido: a arenização!

A arenização pode ser simplificadamente definida como a ação pluvio-erosiva numa região de elevada fragilidade ambiental, tendo, como elemento fundamental, as chuvas torrenciais. Ao intensificar os processos de erosão dos solos e das formações superficiais arenosas pouco coesas, esse processo se caracteriza pelo surgimento de áreas desnudas e de elevada mobilidade de sedimentos: os areais. Nesses locais, embora a ação precursora seja hídrica, a exposição desses sedimentos favorece, num segundo

momento, o retrabalhamento pela deflação, de tal modo que as dunas formadas lembram “pequenos desertos”, embora os processos formadores sejam completamente distintos (VERDUM, 1997; SUERTEGARAY, 1998).

Diversos trabalhos focaram nas nuances do regime pluviométrico, sobretudo, no condicionante das chuvas e em sua relação com a arenização (SUERTEGARAY; GUASSELLI; VERDUM, 2001; ROSSATO, 2012; SANCHES, 2013; BINDA; VERDUM, 2019). Contudo, pouca ênfase tem sido atribuída aos períodos de ausência de chuvas – ou na determinação de estiagens e secas – mesmo que estes sejam fundamentais para a compreensão da arenização em sua totalidade.

Verdum e Soares (2010), por exemplo, identificaram que a dinâmica das chuvas afeta de modo distinto os areais. Se, por um lado, a ação hídrica é preponderante na mobilidade de sedimentos, durante os momentos com excesso de chuvas, por outro lado, a ausência destas por vários dias torna proeminente a expansão dos areais pela ação eólica. Em outro estudo, Freitas et al. (2009) perceberam adicionalmente que, nesses períodos com chuva reduzida ou ausente, o ressecamento do solo facilitava a desagregação da cobertura pedológica pelo pisoteio do gado, aumentando as áreas de solo exposto. Rossato (2012) salienta ainda que, pelo fato das chuvas mensais nessa região do estado se concentrarem em poucos dias, a ocorrência de dias consecutivos sem chuva é relativamente comum.

Assim, partindo-se do pressuposto de que tanto as chuvas, como a ausência destas por vários dias consecutivos corroboram com os processos de arenização, o presente artigo visa a preencher essa lacuna ao se propor, como objetivo geral, identificar os episódios de estiagem, aqui concebidos por meio de avaliação temporal de curto prazo, assim como pela determinação de secas, quando o foco recai num período de longo prazo. Para tanto, definiu-se como recorte temporal uma série de dados pluviométricos (1970-2015), coletados na Bacia Hidrográfica do Arroio Miracatu (BHAM), que congrega administrativamente os municípios de São Francisco de Assis e Manoel Viana e que apresenta a maior extensão areal de focos de arenização do sudoeste do Rio Grande do Sul (GUASSELLI, 2012).

## 2. Secas ou estiagens?

Com base na literatura científica, a definição de termos como seca é uma tarefa singular. Há um amplo rol de definições, algumas convergentes, outras divergentes. Isso se deve ao fato de que a elaboração de conceitos como esse se insere nas especificidades das diversas áreas de conhecimento, sendo condicionada também pelas condições geográficas – notadamente a tipologia climática – e, até mesmo, pela percepção popular dita não acadêmica (WILHITE; GLANTZ, 1985; BARRY; CHORLEY, 2013; LLOYD-HUGHES, 2014). É importante salientar ainda que as secas podem ocorrer em qualquer condição climática, não sendo um processo exclusivo de áreas áridas ou semiáridas (SVOBODA; FUCHS, 2016).

Esses aspectos já permitem inferir a dificuldade em apresentar uma definição universal para o termo seca, inclusive vários autores têm destacado isso ao longo das últimas décadas (WILHITE; GLANTZ, 1985; MCKEE; DOESKEN; KLEIST, 1993; SIVAKUMAR et al., 2010). Lloyd-Hughes (2014), por exemplo, chega à conclusão que essa é uma tarefa impraticável. Assim, a busca por uma definição, de uma forma ou de outra, recairá em conceitos prontos, que nem sempre se ajustam a todas as áreas. Valendo-se, portanto, da impossibilidade de uma definição única do termo seca, apresenta-se a seguir, algumas delas, com a intenção de balizar sua aplicação à temática e à área de estudo.

Barry e Chorley (2013, p. 101-102), a título de exemplo, definem seca como “[...] a ausência de precipitação por um período suficientemente longo para causar déficit de umidade no solo por evapotranspiração e reduções no fluxo dos córregos [...]”. Contudo, na concepção de Sivakumar et al. (2010), o déficit de precipitação indutor de uma seca pode ocorrer rapidamente (por exemplo, entre dois ou três meses), ou pode transcorrer um amplo período de tempo (da ordem de meses a anos), antes que seus efeitos sobre as reservas hídricas superficiais e subterrâneas sejam efetivamente notadas. Contudo, é necessário ter em mente que os retrospectos de uma seca podem perdurar num tempo suficientemente longo, mesmo após o término do déficit hídrico (WILHITE; GLANTZ, 1985).

Nesse sentido, Wilhite e Glantz (1985), com base em levantamento sistemático diferenciaram quatro tipos distintos de secas, que, conforme

a descrição de Fernandes et al. (2009), podem ser vistos como estágios subsequentes:

- *Seca meteorológica*: redução nos volumes de precipitação (<70-75%) em relação ao normal esperado para um determinado período;
- *Seca hidrológica*: ocorre quando o ressecamento da atmosfera promove redução nas reservas hídricas superficiais e subterrâneas;
- *Seca agrícola*: estágio quando o déficit hídrico afeta a disponibilidade de água para fins agrícolas; e,
- *Seca socioeconômica*: quando os impactos da falta de água afetam direta e indiretamente a sociedade, produzindo danos sociais, ambientais e econômicos.

Outras nomenclaturas ou adjetivações podem, também, ser encontradas. Mota et al. (1970), por exemplo, ao estudarem o balanço hídrico no Rio Grande do Sul, indicam que no estado são comuns as chamadas “secas contingentes”, que são decorrentes da variabilidade das chuvas e, portanto, podem ser correlacionadas com as secas meteorológicas.

Svoboda e Fuchs (2016), em trabalho publicado pela Organização Meteorológica Mundial (OMM), descrevem 50 indicadores/índices, considerando os parâmetros exigidos, a facilidade na aplicação, bem como os prós e os contras. Fernandes et al. (2009) e Sivakumar et al. (2010), de modo similar, descrevem o emprego de diferentes índices utilizados para a determinação de secas. Os três trabalhos se apresentam como excelentes sínteses metodológicas que permitem identificar qual é o mais adequado conceito para cada estudo.

Já o termo estiagem, por sua vez, é muitas vezes confundido com seca. É fundamental esclarecer que não se trata de sinônimos e sua distinção é mais oportuna na língua portuguesa, diferente, por exemplo, dos trabalhos elaborados em língua inglesa que não os diferenciam – *drought* (SACCO, 2010). Na concepção de Castro et al. (2003, p. 55):

As estiagens resultam da redução das precipitações pluviométricas, do atraso dos períodos chuvosos ou da ausência de chuvas previstas para uma determinada temporada [...] para níveis sensivelmente inferiores aos da normal climatológica [...] Quando comparadas com as secas, as estiagens caracterizam-se por serem menos intensas e por ocorrerem durante períodos de tempo menores.

Nota-se que Castro et al. (2003) diferenciam estiagem e seca, considerando dois aspectos: a intensidade e a duração do fenômeno. Assim, conforme a concepção, as secas seriam precedidas pelas estiagens, embora nem todos os eventos de estiagem cheguem ao estágio de secas. Inclusive, os autores apresentam dois critérios para a determinação de estiagens: o primeiro considera o atraso do início da estação seca, em 15 dias ou mais, enquanto o segundo representa volumes de chuva mensal inferiores a 60% da média histórica.

Esses critérios, no entanto, nem sempre se adaptam às características climáticas ou aos objetivos propostos em uma pesquisa, uma vez que são critérios descorrelacionados, um de análise na escala diária e outro na mensal. Sacco (2010), por exemplo, estudando uma área com clima subtropical úmido – na região oeste do estado de Santa Catarina – adaptou o primeiro critério, considerando a estiagem como o período igual ou superior a quinze dias consecutivos sem chuva, uma vez que não há sazonalidade na precipitação que permita inferir sobre uma estação notadamente seca.

### 3. Metodologia

Com base nas informações acima apresentadas, emprega-se, neste trabalho, o termo estiagem para definir a ausência de chuvas em curto prazo (na escala de dias) e o termo seca quando o enfoque é dado à redução/à escassez de chuvas, considerando um período de longo prazo (meses/ano). Para tanto, vale-se de dois métodos distintos para se avaliar as estiagens e as secas na área de estudo.

O primeiro utiliza o critério de 15 ou mais dias consecutivos sem chuva para a determinação dos episódios de estiagens – conforme adaptação de Sacco (2010) da proposta de Castro et al. (2003). Deve-se salientar que não se aplicou o segundo critério indicado por Castro et al. (2003), pelo fato de que o primeiro critério não respeita os limites mensais, como será observado logo no início da exposição dos resultados.

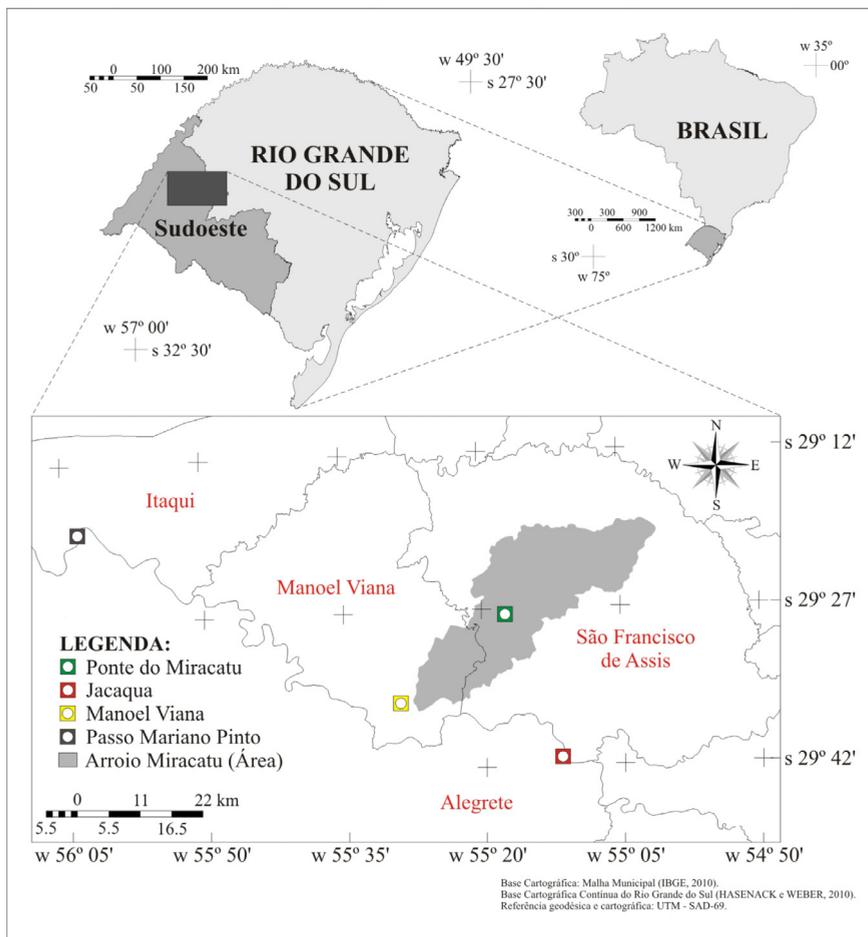
O segundo método baseia-se na aplicação do Índice Padronizado de Seca Pluviométrica (*Indice Standardisé de Sécheresse Pluviométrique – ISSP*), um índice que auxilia na observação de secas, aqui, portanto, concebidas em

longo prazo (PITA, 2001; OLIVEIRA; MACIEL; QUEIROZ, 2014). O ISSP pode ser descrito em linhas gerais pela anomalia de precipitação padronizada, obtida por meio do acúmulo dos desvios mensais considerando a mediana da precipitação mensal de cada mês. Os valores resultantes são interpretados considerando a intensidade da seca: 0,00 a -0,99 (próximo ao normal), -1,0 a -1,49 (moderadamente seco), -1,5 a -1,99 (severamente seco) e  $\geq -2,00$  (extremamente seco). As classes correspondentes, mas com sinal positivo (+), representariam, na mesma proporção, as condições úmidas (PITA, 2001; SIVAKUMAR et al., 2010; OLIVEIRA; MACIEL; QUEIROZ, 2014).

Para tanto, aplicou-se os dois critérios, considerando os dados da estação pluviométrica “Ponte do Miracatu”, localizada no município de São Francisco de Assis/RS (figura 1). A série histórica de registros pluviométricos compreende o período de 1970 a 2015 (46 anos). Falhas e/ou dados faltantes (2,2% ou 10 meses distribuídos em quatro anos distintos) foram preenchidos com base no método de regressão linear simples (BERTONI; TUCCI, 2009; LANNA, 2009), considerando-se outras três estações pluviométricas próximas: Jacaquá (código: 02955016), localizada no município de Alegrete/RS; Manoel Viana (código: 02955008), no município homônimo; e Passo Mariano Pinto (02956006), no município de Itaqui/RS (figura 1).

Todas as estações pluviométricas utilizadas neste trabalho são de responsabilidade da Agência Nacional das Águas (ANA) e operadas pela Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais (CPRM). Os dados de cada uma dessas estações pluviométricas foram obtidos mediante consulta ao Sistema de Informações Hidrológicas (Hidroweb)<sup>1</sup>. Além disso, todas as análises e as expressões gráficas apresentadas neste trabalho, foram realizadas com auxílio da planilha eletrônica *LibreOfficeCalc*® versão 4.2.1.1 disponibilizada por *The Document Foundation*<sup>2</sup>.

**Figura 1**  
LOCALIZAÇÃO DAS ESTAÇÕES PLUVIOMÉTRICAS EM RELAÇÃO À BACIA HIDROGRÁFICA DO ARROIO MIRACATU



## 4. Resultados e discussão

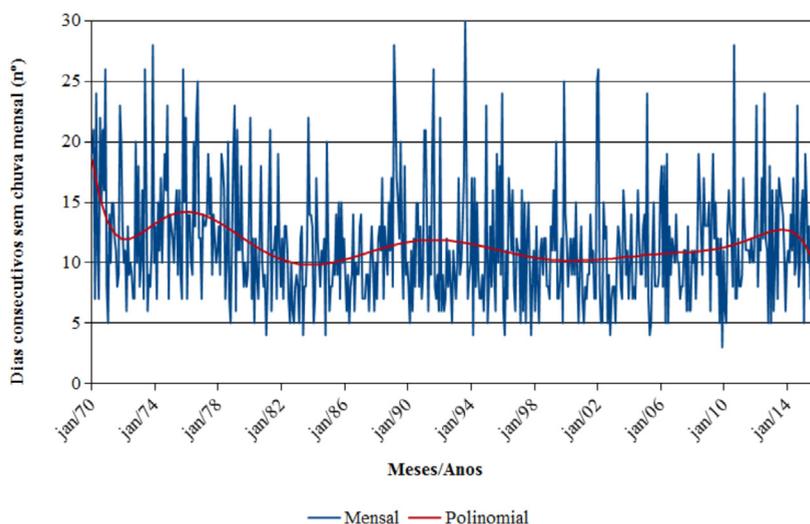
### 4.1 Os dias consecutivos sem chuva e a determinação de casos de estiagens

O número de dias consecutivos sem chuva, foi inicialmente avaliado, considerando-se o maior período mensal (figura 2). Consta-se, assim, que os menores períodos obtiveram valores entre três e cinco dias, enquanto

que os maiores atingiram entre 20 e 30 dias. Em média, os dias consecutivos sem chuva mensal ficaram na casa de 11, com desvios-padrão de cinco dias. Além disso, observa-se que a distribuição aponta que os meses com menos de cinco ou mais de 25 dias consecutivos sem chuva são extremamente raros (respectivamente, 7 e 2%). Meses entre cinco e 14 dias consecutivos sem chuva mensal são, por outro lado, mais frequentes, representando aproximadamente 70% do total. É importante salientar que, acima de 15 dias consecutivos sem chuvas, as ocorrências ficam em torno de 23%.

Contudo, a análise dos dias consecutivos sem chuva mensal não representa, necessariamente, a maior sequência de dias consecutivos sem chuva, quando o foco recai na sucessão diária dos meses de um ano. É aqui que se insere a limitação acima comentada da proposta de Castro et al. (2003), uma vez que o evento de estiagem pode, por exemplo, iniciar em um determinado mês e adentrar no mês seguinte. Considerando essa premissa, computou-se 181 casos, tratados conforme o critério aplicado, como representativos de estiagem. Uma informação pertinente é que todos os anos registraram a ocorrência de ao menos um caso, exceto 1987. Os anos de 1970, 1977, 1974, 1988 e 1989 foram os com maior número de ocorrências – oito para os dois primeiros anos e sete para os demais (figura 3).

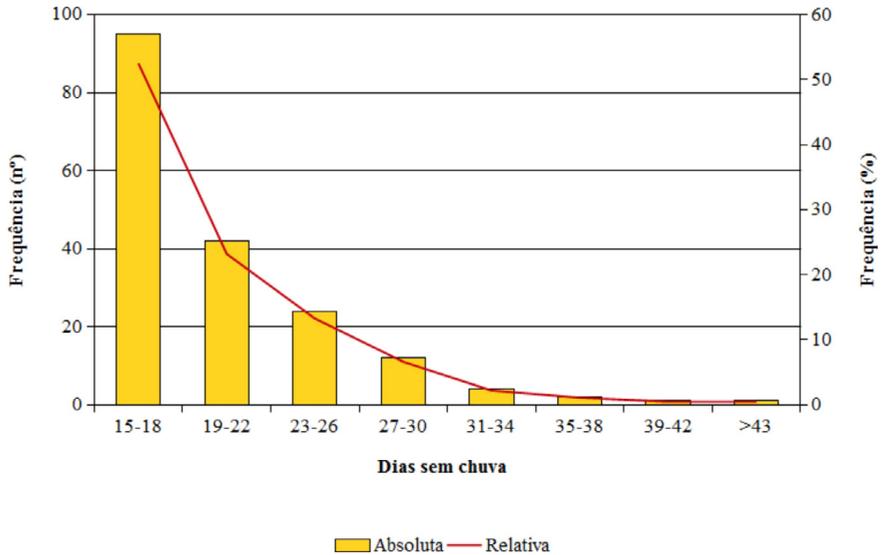
**Figura 2**  
PERÍODO DE MAIOR NÚMERO DE DIAS CONSECUTIVOS SEM CHUVA MENSAL PARA A ESTAÇÃO PLUVIOMÉTRICA “PONTE DO MIRACATU”, SÃO FRANCISCO DE ASSIS/RS



Fonte: ANA (1970-2015).

**Figura 3**

ESTIAGENS REGISTRADAS ANUALMENTE PARA A ESTAÇÃO PLUVIOMÉTRICA "PONTE DO MIRACATU", SÃO FRANCISCO DE ASSIS/RS.

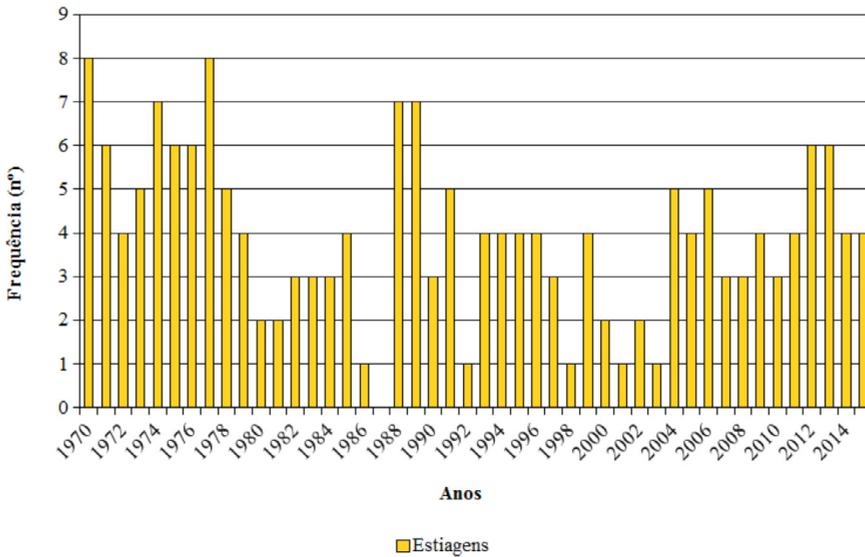


Fonte: ANA (1970-2015).

Além disso, os casos de estiagem se concentraram, predominantemente, nas classes de 15 a 22 dias consecutivos sem chuva, que representam, virtualmente, 3/4 dos casos quantificados (figura 4). Isso é esperado, uma vez que, quanto maior a classe, menor é a probabilidade com que um evento aconteça. Nimer (1989, p. 214), analisando os aspectos da pluviosidade, havia mencionado que “[...] em nenhuma época do ano, na Região Sul, as chuvas, quer leves quer pesadas, não se fazem ausentes durante muitos dias consecutivos [...]”. Todavia, períodos como os de 7 de dezembro de 2001 a 26 de janeiro de 2002 (51 dias), de 13 de dezembro de 1978 a 23 de janeiro de 1979 (42 dias), de 16 de março a 21 de abril de 1981 (37 dias) e de 8 de julho a 12 de agosto de 2012 (36 dias) expressam os maiores casos de dias consecutivos sem chuva, contrariando a ideia apresentada pelo autor citado acima.

**Figura 4**

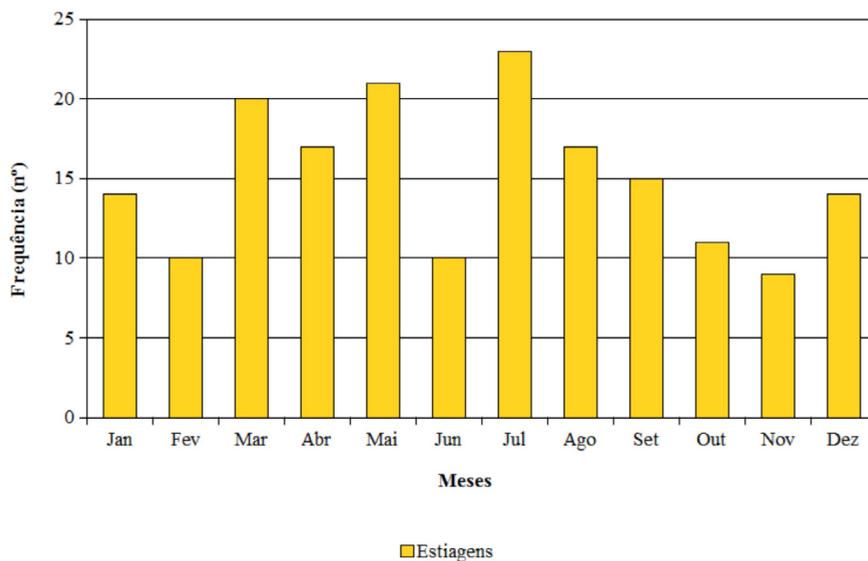
FREQUÊNCIA ABSOLUTA E RELATIVA DOS CASOS DE ESTIAGEM PARA A ESTAÇÃO PLUVIOMÉTRICA "PONTE DO MIRACATU", SÃO FRANCISCO DE ASSIS/RS



Fonte: ANA (1970-2015).

Além disso, é perceptível que a maior frequência de casos de estiagem (59 ocorrências - 32,6%) ocorreu, principalmente, na década de 1970. Nota-se, no entanto, que, dos casos apresentados no parágrafo anterior, apenas um ocorreu nessa década. Ademais, as estiagens podem ser registradas em qualquer mês do ano (figura 5), assinalando a constante irregularidade desses fenômenos. Um fato interessante é que muitos meses com volumes de chuva acima da média histórica apresentaram casos de estiagem. Isso indica que a pluviosidade deve ter se concentrado em poucos dias, atestando a ocorrência de chuvas torrenciais. Essas chuvas foram observadas tanto antecedendo como sucedendo o período de estiagem, um aspecto particular que traria implicações consideráveis aos processos de arenização.

**Figura 5**  
DISTRIBUIÇÃO DE FREQUÊNCIA DOS EVENTOS DE ESTIAGEM NA ESTAÇÃO PLUVIOMÉTRICA  
"PONTE DO MIRACATU", SÃO FRANCISCO DE ASSIS/RS



Fonte: ANA (1970-2015).

Considerando ainda a figura 5, é possível visualizar que os meses de maio e julho apresentam maior frequência, concentrando, nesta ordem, 11,6% (21 casos) e 12,7% (23 casos) dos episódios de estiagem registrados. Novembro, assim como fevereiro e junho, em oposição, foram caracterizados como os meses menos propícios, uma vez que neles ocorreram entre nove e 10 casos (de 4,9 a 5,5%). Atenta-se, ainda, para o fato de que os meses que mais vezes registraram episódios de estiagem (maio e julho) estão separados por um mês (junho), que se enquadra entre um dos menores, situação que merece uma análise mais acurada que, na realidade, tem uma explicação plausível, conforme segue.

Neste trabalho definiu-se como mês representativo de um caso de estiagem aquele que obteve o maior número de dias consecutivos sem chuva, seja em relação ao mês anterior, como ao posterior<sup>3</sup>. Com isso, a redução ora apresentada para o mês de junho é fruto desse procedimento. Muitos dos casos de estiagem que iniciaram no mês de maio prolongaram-se para os primeiros dias de junho, da mesma forma como em outros, que se iniciaram no final desse mês, e não apenas adentraram em julho, mas

também permaneceram por vários dias consecutivos sem chuva nesse último mês. Em vista disso, a contagem dos casos de estiagem acabou sendo computada tanto para o mês antecessor (maio) como para o sucessor (julho).

Adicionalmente, a redução presente no mês de fevereiro também apresenta relação semelhante, ao passo que aquela vista em novembro parece estar associada, antes, à distribuição natural dos episódios de estiagem. Em verdade, as estiagens, embora possam ocorrer em qualquer mês do ano, apresentam um comportamento piramidal, cuja frequência aumenta em direção ao trimestre maio-julho (transição entre o outono e o inverno) e volta a reduzir em direção aos meses de verão. No inverno, bloqueios atmosféricos, ao reduzirem a frequência das frentes frias, dariam condições para a ocorrência de vários dias consecutivos sem chuva. No verão, por sua vez, as chuvas de origem convectiva, por se fazerem presentes, reduziriam a possibilidade de vários dias consecutivos sem chuva. Mesmo assim, pode-se indicar uma apreciável variação de um ano para outro.

#### *4.2 Os períodos secos e chuvosos: observações de longo prazo*

Na subseção anterior foi dada ênfase a períodos de curta duração – aqui abordados como casos de estiagem –, cuja determinação foi baseada na ocorrência de dias consecutivos sem chuva. Todavia, vistos individualmente, tais eventos de estiagem não representam temporalmente o comportamento em longo prazo da escassez de chuvas e o quão impactante pode ser isso para os processos de arenização. Com base nessa premissa, aplicou-se o ISSP com a finalidade de representar, no longo prazo, não somente os períodos secos, mas também os chuvosos. Isso se deve ao fato de que, embora essa metodologia tenha sido desenvolvida com o intuito de definir a intensidade e a duração dos períodos secos, sua aplicação permite, ainda, avaliar os períodos chuvosos (PITA, 2001; OLIVEIRA; MACIEL; QUEIROZ, 2014).

Todavia, afirmam Fernandes et al. (2009) que a determinação do início e do término de um período seco é uma prática difícil de ser quantificada, sobretudo quando se trata de secas hidrológicas, agrícolas e socioeconômicas. Mesmo assim, reconhecendo-se que o ISSP está vinculado com as secas meteorológicas (PITA, 2001) – sobretudo por trabalhar tão somente

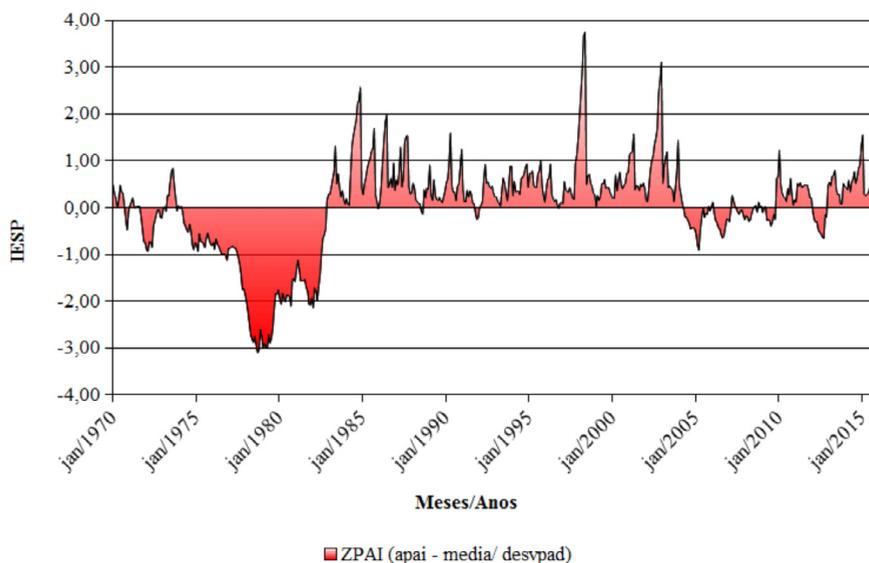
com dados de precipitação –, a existência de longos períodos secos pode dar um indício do retrospecto dessa condição para as reservas hídricas.

De modo geral, foram encontrados, na série histórica de dados, meses com ISSP variando desde intensidades que vão de moderadamente a extremamente secos até moderadamente a extremamente chuvosos (figura 6). Porém, valores mensais positivos (chuvosos) não apenas ocorreram em maior número (17 vezes), como também atingiram intensidades (+3,75) que superam aqueles obtidos em meses com ISSP negativo (5 vezes e -3,10). Considerou-se, no entanto, como período seco/chuvoso aquele cujos valores negativos/positivos do ISSP permaneceram por pelo menos três meses consecutivos. Assim, contabilizou-se sete períodos notadamente úmidos frente a apenas um período tratado como seco. Contudo, enquanto os períodos úmidos atingiram no máximo oito meses de duração, esse único período seco se prolongou por longos 60 meses consecutivos, ou cinco anos.

A figura 6 representa nitidamente o longo período seco que se estendeu de julho de 1977 a junho de 1982 ( $\text{ISSP} \leq -1,00$ ). Percebe-se que esse período apresentou um notável comportamento de intensificação dos valores negativos do ISSP, que, inicialmente, qualificavam o episódio como moderadamente seco, passando, posteriormente, para a condição de severamente e extremamente seco. Enfatiza-se que foi constatado anteriormente maior frequência de casos de estiagem na década de 1970, valorizando a assertiva de um longo período de seca. Por outro lado, as estiagens observadas a partir da década de 1980, mesmo quando perfazendo dezenas de dias consecutivos sem chuva, apresentam um efeito menos representativo em comparação com a maior frequência de casos da década de 1970.

Com relação aos períodos chuvosos, nota-se que eles somente ganham corpo a partir do término do período seco acima descrito. Ocorrem, temporalmente, da seguinte maneira: de maio a novembro de 1984, de junho a setembro de 1985, de abril a junho de 1986, de julho a setembro de 1987, de novembro de 1997 a maio de 1998, de janeiro a abril de 2001 e, por fim, de maio a dezembro de 2002. Desses, três deles atingiram a intensidade de período extremamente úmido (primeiro, quinto e sétimo, respectivamente), enquanto os demais recaíram na classe severamente úmido. Apesar disso, é clara a presença dos outros meses que adentraram na qualidade de úmidos, mas que não foram abordados como períodos representativos.

**Figura 6**  
ÍNDICE PADRONIZADO DE ESTIAGEM PLUVIOMÉTRICA (ISSP) PARA A ESTAÇÃO  
PLUVIOMÉTRICA «PONTE DO MIRACATU», SÃO FRANCISCO DE ASSIS/RS



Fonte: ANA (1970-2015).

Outro aspecto relevante que pode ser confirmado na figura 6 é que, após o período seco identificado, há uma mudança que implica na inversão dos valores do ISSP, que agora se acumulam, preferencialmente, nas classes positivas – englobando os períodos úmidos acima descritos –, algo que se prolonga até meados de março de 2004. Daqui até o final da série histórica de dados, valores negativos e positivos ocorrem de modo não uniforme e sem a identificação de períodos secos ou úmidos. Aqui vale a pena voltar à figura 2, na subseção anterior, para observar que a curva polinomial ajustada apresenta padrão similar a este aqui identificado.

Assim, a delimitação desses três amplos períodos corrobora com a proposição apresentada sobre a influência da Oscilação Decadal do Pacífico (ODP) (MOLION, 2005, 2008; KAYANO; ANDREOLI, 2007, 2009; STRECK et al., 2009), cujo atraso de cinco anos (quando comparada com informações prestadas pelos autores) decorre do tempo de resposta hidroclimatológica na área de estudo.

## 5. Considerações finais

As análises apresentadas neste trabalho permitem atestar que na área de estudo é relativamente comum a ocorrência de vários dias consecutivos sem chuva, inclusive resultando em episódios frequentes de estiagens. Esta é uma condição relevante e que destoa da visão vigente na literatura – a exemplo de Nimer (1989) – que vincula o clima subtropical úmido às chuvas abundantes e bem distribuídas ao longo do ano. Isso se deve ao enfoque dado ao regime pluviométrico, considerando as médias mensais que mascaram a ampla variabilidade das chuvas, notadamente na área de estudo (ROSSATO, 2012; SANCHES, 2013; BINDA; VERDUM, 2019).

Assim, constatou-se que os episódios de estiagem ocorreram anualmente e podem estar presentes em qualquer mês do ano, embora sejam mais frequentes na metade do ano, na transição para o inverno. Este período do ano é, justamente, o momento no qual a vegetação campestre se encontra em estado de senescência, uma vez que as espécies são predominantemente estivais, reduzindo ainda mais a cobertura vegetal do solo e, conforme Freitas et al. (2009), potencializando a sua desagregação pelo pisoteio do gado. Além disso, conforme Verdum e Soares (2010), esses locais apresentavam amplificação dos processos de erosão, quando do retorno das chuvas primaveris, que, embora passíveis de elevada variabilidade pluviométrica, tendem a apresentar-se nessas áreas (BINDA; VERDUM, 2019). Sanches (2013), por exemplo, evidencia a tendência positiva de eventos pluviométricos em  $\geq 80$  mm para o mês de novembro.

Ademais, quando o foco do trabalho se direcionou para a compreensão dos processos em longo prazo, foi notável a ocorrência de um longo período seco que se prolonga pela década de 1970, década essa que concentra a maior frequência dos episódios de estiagem. Essa é uma informação que nos permite afirmar que, durante esse período, os processos que envolvem a arenização devem ter apresentado intensidades distintas, quando comparados com as décadas posteriores. Aqui, vale-se, por exemplo, dos trabalhos de Cordeiro e Soares (1977) e Souto (1985), que apresentam de modo bastante alarmante a intensificação dos processos de erosão dos solos durante aquele período e o risco iminente de “desertificação” de toda a área, conforme concepção científica até então vigente.

Mesmo já sendo desmistificada a gênese dos areais, associada aos processos de desertificação, as informações apresentadas pelos autores supracitados evidenciam, possivelmente, as respostas morfológicas – aumento dos focos de arenização, ampliação da área dos areais, redução da cobertura vegetal e erosão dos solos – nesse período predominantemente seco. Ciclos de expansão/retração dos processos de arenização já foram observados em outros trabalhos (VERDUM; SOARES, 2010; GUASSELLI, 2012; SOUZA; PIRES, 2017), mas, infelizmente, a temporalidade do monitoramento desses processos é de curta duração, atemporais ou indiretos, o que impossibilita a correlação com as informações aqui apresentadas.

Contudo, os resultados aqui expostos abrem novas possibilidades, sobretudo por identificar respostas a ciclos mais longos, da ordem de décadas (e aqui entra a ODP, como fenômeno catalizador). Por fim, resta uma indagação e cuja(s) resposta(s) só é possível aventar: se esses períodos secos são cíclicos, quais seriam as repercussões de um período semelhante ao da década de 1970 no futuro próximo? Pesquisas continuadas, considerando as especificidades do clima, dos processos sócio-naturais, que envolvem a arenização e a organização do espaço geográfico do sudoeste gaúcho, são fundamentais para que essa pergunta seja respondida, abrindo novas réplicas que enaltecem a importância da ciência.

## Notas

- <sup>1</sup> Disponível em: <<http://hidroweb.ana.gov.br/>>. Acesso em: 17 mar. 2016.
- <sup>2</sup> Copyright© - 2000-2014 LibreOffice - *The Document Foundation*.
- <sup>3</sup> Também houve casos de estiagem cujos início e término ocorreram inseridos em um único mês.

## Referências

- BARRY, R. G.; CHORLEY, R. J. **Atmosfera, tempo e clima**. 9. ed. Porto Alegre: Bookman, 2013. 512 p.
- BERTONI, J. C.; TUCCI, C. E. M. Precipitação. In: TUCCI, C. E. M. (Org.). **Hidrologia: ciência e aplicação**. 4. ed. Porto Alegre: Editora da UFRGS/ABRH, 2009. p.177-241.

BINDA, A. L.; VERDUM, R. Classificação de eventos pluviométricos extremos em área afetada por processos de arenização no sudoeste do Rio Grande do Sul. **Geographia**, v. 21, n. 47, p. 97-114, set./dez, 2019.

CASTRO, A. L. C.; CALHEIROS, L. B.; CUNHA, M. I. R.; BRINGEL, M. L. N. C. **Manual de desastres**. Vol.1. Brasília: Ministério da Integração Nacional, 2003. Disponível em: <[http://www.defesacivil.gov.br/publicacoes/publicacoes/Desastres\\_Naturais\\_Voll.pdf](http://www.defesacivil.gov.br/publicacoes/publicacoes/Desastres_Naturais_Voll.pdf)>. Acesso em: 19 dez. 2013. 174 p.

CORDEIRO, C. A.; SOARES, L. C. A erosão nos solos arenosos da região sudoeste do Rio Grande do Sul. **Revista Brasileira de Geografia**, Rio de Janeiro, v. 39, n. 4, p.82-150, out./dez. 1977.

FERNANDES, D. S.; HEINEMANN, A. B.; PAZ, R. L.; AMORIM, A. O.; CARDOSO, A. S. Índices para quantificação da seca. Santo Antônio de Goiás: Embrapa Arroz e Feijão, 2009. 48 p.

FREITAS, E. M.; BOLDRINI, I. I.; MÜLLER, S. C.; VERDUM, R. Florística e fitossociologia da vegetação de um campo sujeito à arenização no sudoeste do estado do Rio Grande do Sul, Brasil. **Acta Botanica Brasílica**, São Paulo, v. 23, n. 2, p. 414-426, abr./jun. 2009.

GUASSELLI, L. A. O mapeamento de areais a partir de sensoriamento remoto. In: SUERTEGARAY, D. M. A.; SILVA, L. A. P.; GUASSELLI, L. A. (Org.). **Arenização: natureza socializada**. Porto Alegre: Compasso Lugar-Cultura/Imprensa Livre, 2012. p. 97-123.

KAYANO, M. T.; ANDREOLI, R. V. Relations of South America summer rainfall interannual variations with the Pacific Decadal Oscillation. **International Journal of Climatology**, v. 27, p. 531-540, 2007.

KAYANO, M. T.; ANDREOLI, R. V. Variabilidade decenal a multidecenal. In: CAVALCANTI, I. F. A.; FERREIRA, N. J.; SILVA, M. G. A. J.; DIAS, M. A. F. S. (Org.). **Tempo e clima no Brasil**. São Paulo: Oficina de Textos, 2009. p. 375-383.

LANNA, A. E. Elementos de estatística e probabilidades. In: TUCCI, C. E. M. (Org.). **Hidrologia: ciência e aplicação**. 4. ed. Porto Alegre: Editora da UFRGS/ABRH, 2009. p. 79-176.

LLOYD-HUGHES, B. The impracticality of a universal drought definition. **Theoretical and Applied Climatology**, v. 117, n. 3-4, p. 607-611, aug. 2014.

MCKEE, T. B.; DOESKEN, N. J.; KLEIST, J. The relationship of drought frequency and duration to time scales. **Eighth Conference on Applied Climatology**, 17-22, p.179-183, jan. 1993.

MOLION, L. C. B. Aquecimento global, El Niños, manchas solares, vulcões e oscilação decadal do Pacífico. São José dos Campos – CPTEC/INPE. **Climanálise**, ano 3, n. 1, p.1-5, 2005.

MOLION, L. C. B. Perspectivas climáticas para os próximos 20 anos. **Revista Brasileira de Climatologia**, p.117-128, ago. 2008.

MOTA, F. S.; GOEDERT, C. O.; LOPES, N. F.; GARCEZ, B.; GOMES, A. S. Balanço hídrico do Rio Grande do Sul. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 5, n. 1, p. 1-27, 1970.

NIMER, E. **Climatologia do Brasil**. 2. ed. Rio de Janeiro: IBGE/Depto. de Recursos Naturais e Estudos ambientais, 1989. 421 p.

OLIVEIRA, L. A.; MACIEL, S. A.; QUEIROZ, L. L. Avaliação do Índice Padronizado de Estiagem Pluviométrica (IESP) aplicado ao município de Patos de Minas/MG. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE CLIMATOLOGIA GEOGRÁFICA, 10, Curitiba, 2014. Anais do Simpósio Brasileiro de Climatologia Geográfica, **Proceedings...** Curitiba: ABClima, 2014, p.1848-1859.

PITA, M. F. Un nouvel indice de sécheresse pour les domaines méditerranéens. Application au bassin du Gaudalquivir (sudouest de l'Espagne). **Publications de l'Association Internationale de Climatologie**, Nice, v. 13, p. 225-234, 2001.

ROSSATO, M. S. O clima no sudoeste do Rio Grande do Sul. In: SUERTEGARAY, D. M. A.; SILVA, L. A. P.; GUASSELLI, L. A. (Org.). **Arenização: natureza socializada**. Porto Alegre: Compasso Lugar-Cultura/Imprensa Livre, 2012. p. 385-411.

SACCO, G. F. **Configurações atmosféricas em eventos de estiagem de 2001 a 2006 na Mesorregião Oeste Catarinense**. 2010. 106f. Dissertação (Mestrado em Geografia). - Centro de Filosofia e Ciências Humanas, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2010.

SANCHES, F. O. **Os areais do sudoeste do Rio Grande do Sul: estudo sobre as chuvas no século XX e um possível cenário para o século XXI**. 2013. 188f. Tese (Doutorado em Geografia) - Instituto de Geociências, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2013.

SIVAKUMAR, M. V. K.; WILHITE, D. A.; SVOBODA, M. D.; HAYES, M.; MOTHA, R. **Drought risk and meteorological droughts**. 2010. Disponível em: <[http://www.preventionweb.net/english/hyogo/gar/2011/en/bgdocs/Sivakumar\\_et\\_al\\_2010.pdf](http://www.preventionweb.net/english/hyogo/gar/2011/en/bgdocs/Sivakumar_et_al_2010.pdf)>. Acesso em: 25 mar. 2015.

SOUTO, J. J. P. **Deserto, uma ameaça?** Estudo dos núcleos de desertificação na fronteira sudoeste do RS. Porto Alegre, RS: DRNR Diretoria Geral, Secretaria da Agricultura, 1985. 172 p.

SOUZA, A. C.; PIRES, C. A. F. Dinâmica da arenização na bacia hidrográfica do arroio Puitã, Oeste do RS, através do mapeamento multitemporal no período de 1984 a 2014. **Revista Brasileira de Geomorfologia**, v. 18, n. 1, p. 185-196, jan./mar. 2017.

STRECK, N. A.; BURIOL, G. A.; HELDWEIN, A. B.; GABRIEL, L. F.; PAULA, G. M. Associação da variabilidade da precipitação pluvial em Santa Maria com a Oscilação Decadal do Pacífico. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 44, n. 12, p. 1553-1561, dez. 2009.

SUERTEGARAY, D. M. A. **A trajetória da natureza**: um estudo geomorfológico sobre os areais de Quaraí/RS. 1987. 243f. Tese (Doutorado em Geografia) - Faculdade de Filosofia Letras e Ciências Humanas, Universidade de São Paulo, São Paulo, 1987.

SUERTEGARAY, D. M. A. **Deserto grande do sul**: controvérsias. 2. ed. Porto Alegre, RS: Editora da UFRGS, 1998. 109 p.

SUERTEGARAY, D. M. A.; GUASSELLI, L. A.; VERDUM, R. (Org.). **Atlas da arenização**: Sudoeste do Rio Grande do Sul. Porto Alegre, RS: Secretaria da Coordenação e Planejamento, 2001. 84p.

SVOBODA, M.; FUCHS, B. **Handbook of drought indicators and indices**. Geneva: Integrated Drought Management Programme; World Meteorological Organization, 2016. 45 p.

VERDUM, R. **L'approche géographique des «déserts» dans les communes de São Francisco de Assis et Manuel Viana, État du Rio Grande do Sul, Brésil**. 1997. 211f. Tese (Doutorado em Geografia) - UFR de Géographie et Aménagement, Université de Toulouse Le Mirail, Toulouse, 1997.

VERDUM, R.; SOARES, V. G. Dinâmica de processos erosivos/deposicionais e microformas de relevo no interior dos areais, sudoeste do Rio Grande do Sul, Brasil. **Revista de Geografia** (UFPE), v.especial VIII SINAGEO, n. 1, p. 262-272, set. 2010.

WILHITE, D. A.; GLANTZ, M. H. Understanding the drought phenomenon: the role of definitions. **Water international**, v. 10, n. 3, p. 111-120, 1985.

Recebido em: 31/07/2020

Aceito em: 13/10/2020