
Índices de aridez nos núcleos de desertificação da Paraíba

Aridity indices in the desertification nuclei of Paraíba, Brazil

Hermes Alves de Almeida^{1*}, Emerson Galvani²

RESUMO

A desertificação é um processo de degradação de terras, influenciada pelo semiaridez, por ações antrópicas e/ou uma interação entre si. Diante disto, procurou-se estabelecer os índices de aridez nos núcleos de desertificação do Cariri e Seridó da Paraíba, localizados nas regiões geográficas intermediárias de Campina Grande e Patos, sendo essas determinações os objetivos principais. Utilizaram-se dados mensais e anuais de chuva e temperatura do ar das localidades de Cabaceiras e Santa Luzia, de uma série de dados equivalente ao período de 01.01.1970 a 31.12.2020, sendo estimados os índices de aridez, pelos métodos da United Nations Environment Programm (UNEP) e do balanço hídrico climatológico (BHC). Os principais resultados mostraram que os índices de aridez da UNEP e BHC diferem entre si. Os valores dos Ia UNEP, nos meses da estação chuvosa, em Cabaceiras, foram duas vezes maiores que os de Santa Luzia. O índice de seca (ID), estimado pelo método do BHC, foi diretamente proporcional ao déficit hídrico. Além disso, as médias anuais do ID foram sempre menores em Santa Luzia do que Cabaceiras e quanto maior for a razão entre a evapotranspiração potencial e a real, menor será o ID e vice-versa.

Palavras-chave: *climatologia; semiárido, susceptibilidade a desertificação, índices climáticos*

ABSTRACT

The desertification is a process of land degradation is influenced by semi-aridity, by anthropic actions and/or an interaction between them. In view of this, an attempt was made to establish aridity indices in the desertification nuclei of Cariri and Seridó of Paraíba, Brazil, located in the intermediate geographic regions of Campina Grande and Patos, with these determinations being the main objectives. Monthly and annual rainfall and air temperature data were used for the localities of Cabaceiras and Santa Luzia, from a data series equivalent to the period from 01.01.1970 to 12.31.2020. With these data, the aridity indexes were estimated, using the methods of the United Nations Environment Program (UNEP) and the climatologically water balance (BWC). The main results showed that the aridity indices of UNEP and BHC differ from each other. The values of Ia UNEP, in the months of the rainy season, in Cabaceiras, were twice as high as in Santa Luzia. The drought index (DI), estimated by the BHC method, was directly proportional to the water deficit. In addition, the annual averages of ID were always lower in Santa Luzia and the higher the ratio between potential and actual evapotranspiration, the lower the ID and vice versa.

Keywords: *climatology; semiarid, susceptibility to desertification, climatic indices.*

¹ Universidade Estadual da Paraíba (UEPB), Campina Grande, PB.

*E-mail: hermes_almeida@uol.com.br

² Universidade de São Paulo (USP), São Paulo, SP.

INTRODUÇÃO

As oscilações nos elementos do clima, a nível mundial, têm sido amplamente discutidas, na atualidade, sendo atribuídas aos ciclos naturais do planeta (Cruz et al., 2014) associadas as ações antrópicas (SOLOMON et al., 2010).

Para Molion e Lucio (2013), o clima tem uma variabilidade natural e as mudanças climáticas consistem em variações estatisticamente significativas dos elementos do clima, ocasionadas por processos naturais, forçamentos externos e, até mesmo, por ações antrópicas (IPCC, 2013), cujas projeções futuras, atentam para a ocorrência de variações e mudanças no clima (IPCC, 2022).

De acordo com a lei nº 6.938 de 31 de agosto de 1981, que institui a Política Nacional de Meio Ambiente, artigo 3, inciso II, a degradação ambiental é a “alteração adversa das características do meio ambiente”.

Para Araújo et al., (2002), a “degradação da terra” refere-se à degradação dos solos, dos recursos hídricos e da vegetação. Para Perez-Marin et al., (2012), as ações antrópicas sobre os recursos naturais contribuem para expor o processo de degradação ambiental, cujos danos ambientais pela extração e queima da lenha e o pastoreio, são observados nas microrregiões do Cariri e Seridó da Paraíba (COSTA et al., 2009)

A terminologia desertificação foi descrita, pela primeira vez, em 1949, pelo pesquisador francês André Aubréville (Aubréville, 1949), para designar áreas em vias de degradação na África Tropical, ocasionada pelo mau uso dos recursos. Assim, esse termo, desde o início, veio associado às ações antrópicas, especificamente, relacionando-as a dois efeitos: a) a erosão dos solos, pelos processos laminar ou ravinamento, como consequências do desmatamento e b) o déficit hídrico no solo, em virtude da maior exposição.

O conceito oficial de desertificação, estabelecido pela Organização das Nações Unidas (ONU), é a “degradação da terra nas regiões áridas, semiáridas e subúmidas secas e resulta de vários fatores, entre eles, citam-se as variações meteorológicas e as ações antrópicas”, cujas áreas suscetíveis localizam-se no Semiárido nordestino, onde as atividades humanas são mais danosas nesses ambientes (BRASIL, 2005).

A Convenção das Nações Unidas de Combate à Desertificação atribui a origem da desertificação às interações complexas entre fatores físicos, biológicos e econômicos, associadas às estiagens e/ou secas e as irregularidade no regime pluvial, incluindo-se as

chuvas torrenciais, com elevadas intensidades, que contribuem para agravar o processo de degradação dos solos e, conseqüentemente, à desertificação.

A desertificação é, na realidade, um dos maiores problemas ambientais atuais e na escala global. Estima-se que esse processo atinja cerca de 70% das zonas áridas, semiáridas e subúmidas secas e engloba vários países da Europa Central e Oriental, do Brasil, da China, da Colômbia, da Ásia, da África, dos EUA, do México, dentre outros (SOARES, NOBREGA e GALVÍNICO, 2018).

O estudo da desertificação tem várias metodologias e classificações, abrangem aspectos sociais e econômicos e outras envolvem, na maioria, alguns elementos do clima, especialmente, o índice de aridez (Ia), proposta por MATALLO JÚNIOR (2001).

O Programa das Nações Unidas para o Meio Ambiente (UNEP) adotou a classificação climática, associada ao valor do Ia, sendo calculado pela razão entre a evapotranspiração potencial e precipitação pluvial, o que resultou no enquadramento de três faixas: subúmido úmido; subúmido seco e semiárido (UNEP, 1992).

A primeira tentativa de formular um sistema de indicadores de desertificação foi apresentada na Conferência de Nairóbi, em agosto de 1977, com a participação de inúmeros pesquisadores de diversos países, na qual cada participante contribuiu e sistematizou, servindo-se de base para compreender e direcionar o tema (MATALLO JÚNIOR, 2001).

Na formulação da categoria dos denominados "núcleos de desertificação", foram utilizados procedimentos metodológicos a fim de aproximar melhor o fenômeno, em nível local (Vasconcelos Sobrinho, 1978a e 1978b). Na contextualização do núcleo de desertificação, a primeiramente nomenclatura foi a de "áreas-piloto", por se tratar de áreas específicas, bem representativas e passíveis de serem estudadas.

Na nova delimitação do Semiárido brasileiro, em 2017, foram adotadas três critérios técnicos (Brasil, 2005): a) precipitação pluvial média anual inferior a 800 milímetros; b) o índice de aridez de até 0,5; calculado pelo balanço hídrico climatológico que relaciona as médias da precipitação e a evapotranspiração potencial, do período 1961 a 1990; c) risco de seca maior que 60%, tomando-se por base o período entre 1970 e 1990.

O índice de aridez é o principal indicador e classificador de terras secas, por ser um indicador que permite distinguir as terras secas em (áridas, semiáridas e subúmidas

secas) e ainda mensura, o grau de susceptibilidade a desertificação. Destaca-se, ainda, que valores de Ia entre 0,21 e 0,50 delimitam áreas semiáridas e subúmidas secas.

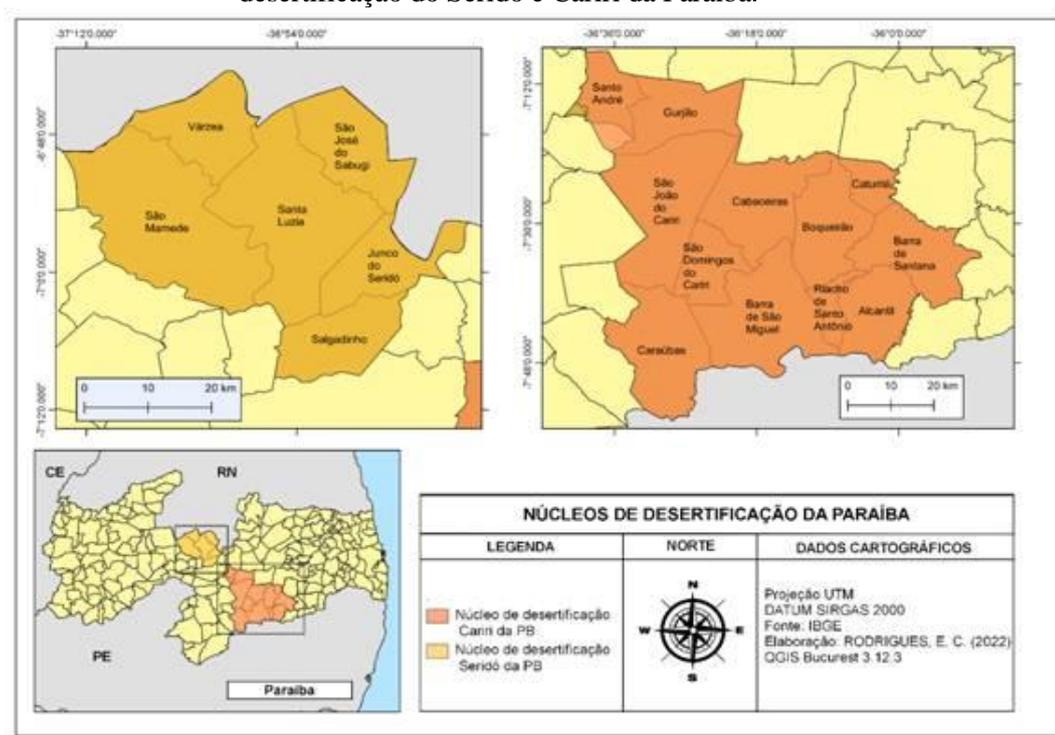
Os núcleos de desertificação no Estado da Paraíba, localizados no Seridó e Cariri. No entanto, a maioria dos trabalhos limita-se a relacionar índices de aridez anual, como critério para indicar susceptibilidade à desertificação.

Neste contexto, procurou-se analisar e comparar o índice de aridez, proposto pela UNEP, com o do balanço hídrico climatológico, além dos índices hídrico, efetivo de umidade e de seca, sendo essas determinações os objetivos principais.

MATERIAIS E MÉTODOS

O trabalho foi realizado nos núcleos de desertificação do Cariri e Seridó da Paraíba (Figura 1), localizadas nas regiões geográficas intermediárias de Campina Grande e Patos.

Figura 1. Mapa geográfico do estado da Paraíba, com ênfase os núcleos de desertificação do Seridó e Cariri da Paraíba.



Utilizaram-se dados mensais de temperatura do ar e de precipitação pluvial de Cabaceiras (07°29'S; 36°17'W; +382m) e Santa Luzia (06°52'S; 36°55'W; +302m), localizadas nos núcleos de desertificação do Cariri e Seridó da Paraíba, cedidas pela Agência Executiva das Águas do Estado da Paraíba (AESAs), Campina Grande, PB, referentes ao período de 01.01.1970 a 31.12.2020.

A evapotranspiração de referência (ET_o) ou potencial (ETP) diária e/ou mensal foi estimada pelo método de Hargreaves e Samani (1985), mediante a expressão:

$$ET_o = 0,0023 \times Q_o \times (t_{\max} - t_{\min})^2 \times (t_{med} + 17,8)$$

Sendo: Q_o= irradiância solar extraterrestre, em mm de evaporação equivalente (mm.dia⁻¹);

t_{max}= temperatura máxima diária, em °C;

t_{min}= temperatura mínima diária, em °C

t_{med}= temperatura média diária, em °C

Para a determinação do balanço hídrico climatológico sequencial, utilizou-se as metodologias preconizadas por Thornthwaite e Mather (1955), adotando-se uma lâmina de máxima de água armazenada no solo de 20 mm. Essa contabilidade entre entrada (chuva) e saída (ET_o) de água, resultou nos seguintes indicadores: deficiência e excedente hídrico e os índices hídrico, de aridez e de umidade relacionados à susceptibilidade das terras à desertificação, para os dois locais, mediante as expressões:

$$\text{Índice de aridez } Ia(BHC) = \frac{DEF(mm)}{ETP(mm)}$$

$$\text{Índice de aridez } Ia(UNEP) = \frac{P(mm)}{ETP(mm)}$$

Os valores do Ia da UNEP (1992) foram agrupados em classes com as respectivas classificações como mostra a Tabela 1.

Tabela 1. Intervalos de classes dos índices de aridez (IA) da UNEP e as respectivas classificações de aridez.

Índice de Aridez	Classificação da aridez
$IA < 20$	Árido
$20 \leq IA < 50$	Semiárido
$50 \leq IA < 65$	Subúmido Seco
$65 \leq IA < 100$	Subúmido Úmido
$IA \geq 100$	Úmido

Na caracterização hídrica dos núcleos de desertificação da Paraíba: Cariri (Cabaceiras) e Seridó (Santa Luzia) foram incluídas os índices hídricos (I_h), efetivo de umidade (I_u) e índice de seca (ID), estimados pelo método do balanço hídrico climatológico (médias da série e anualmente), destacando-se os anos da última seca (2012 a 2020), calculados pelas seguintes equações:

$$\text{Índice hídrico } Ih = \frac{EXC (mm)}{ETP(mm)} \times 100$$

$$\text{Índice efetivo de umidade } Iu = Ih - 0,61 \times Ia$$

$$\text{Índice de seca (ID)} = \left(1 - \left(\frac{ETR}{ETo} \right) \right) \times 100$$

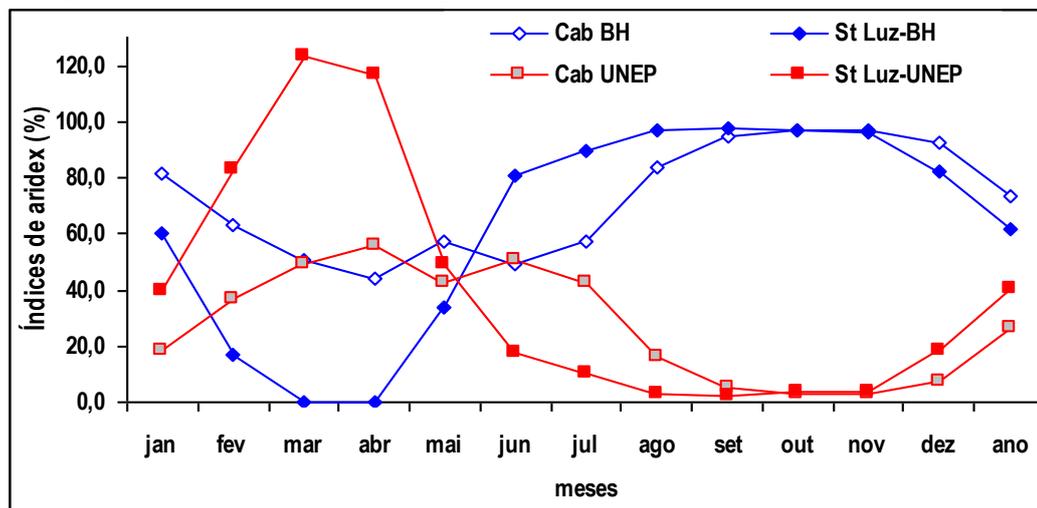
A susceptibilidade das Terras à desertificação foi estabelecida mediante análises comparativa entre os índices de aridez, hídrico e umidade e os de secas, além dos elementos derivados do balanço hídrico (Excedente e Deficiência hídrica).

Os cálculos, as análises estatísticas e as confecções de quadros, tabelas e gráficos foram feitas utilizando-se a planilha eletrônica Excel.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

O índice de aridez é o principal indicador e classificador de terras secas em árida, semiárida e subúmida seca, como também, mensura o grau de susceptibilidade a desertificação. Os indicativos percentuais dos Ias, estimados pelos métodos da UNEP e do balanço hídrico climatológico são apresentados na Figura 2.

Figura 2. Relação entre o índice de aridez (Ia), pelos métodos do balanço hídrico climatológico médio (BH) e o da UNEP, para Cabaceiras (Cab) e Santa Luzia (St Luz), PB.



Fonte: Almeida e Galvani, 2022.

Comparando-se as curvas do índice de aridez pelo método da UNEP, verifica-se que o Ia de Santa Luzia é maior que o de Cabaceiras, apenas durante a estação chuvosa (de janeiro a abril), justificada, em quase a sua totalidade, em virtude de chover 62% a mais do que Cabaceiras.

Destaca-se, entretanto, algumas características que as diferenciam o índice de aridez estimado pelo método da UNEP em relação ao do balanço hídrico climatológico. A primeira é a própria relação (P/ETP), como indicador de aridez, justificado por ser a evapotranspiração potencial a chuva necessária, embora a ETP, por definição, refere-se às perdas de água por evapotranspiração de uma cultura de porte rasteira em pleno desenvolvimento e sem nenhuma restrição hídrica, condições muito diferentes das que ocorrem no Semiárido.

O Programa das Nações Unidas para o Meio Ambiente (UNEP) adotou uma conceituação de classificação climática associada ao valor do índice de aridez, embora não exista nenhum que contemple o seu estudo histórico.

O índice de aridez, estimado pelo balanço hídrico climatológico, difere do Ia UNEP, por resultar de uma contabilidade hídrica (entrada- saída) num volume de solo ocupado por, pelo menos, 80 % do sistema radicular.

As inversões nas duas curvas dos Ias (BH e UNEP) em Santa Luzia e, em especial, nos meses da estação chuvosa, mas, também, a sua continuidade nos demais meses, mostram semiáridez pelo método do UNEP e de subúmido úmido pelo BH.

O agrupamento das classes do índice de aridez (Ia), classificadas de acordo com o critério proposto pela UNEP (1992), para as médias climatológicas mensais das duas localidades estudadas, é sumarizado na Tabela 1.

Tabela 1. Classificações mensais (médias) da aridez, pelo índice de aridez da UNEP (1992), com as respectivas classificações, para as localidades de Cabaceiras e Santa Luzia, PB.

Meses	Cabaceiras	Santa Luzia
janeiro	árido	semiárido
fevereiro	semiárido	subúmido úmido
março	semiárido	úmido
abril	subúmido seco	úmido
maio	semiárido	semiárido
junho	subúmido seco	árido
julho	semiárido	árido
agosto	árido	árido
setembro	árido	árido
outubro	árido	árido
novembro	árido	árido
dezembro	árido	árido

Fonte: Almeida e Galvani, 2022.

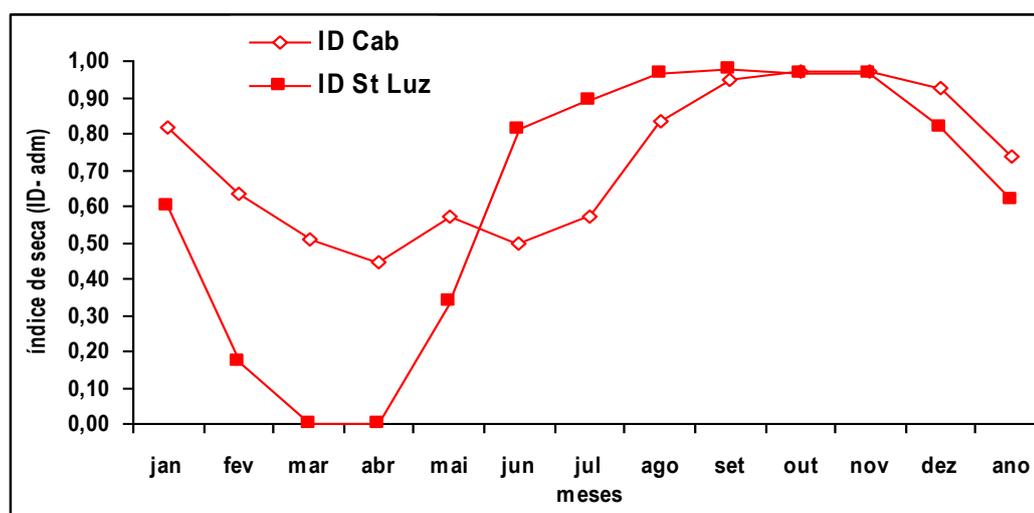
A irregularidade no regime pluvial mensais, nas duas localidades, resulta na oscilação no índice de aridez, estimado pelo método da UNEP (1992), como se verifica na Tabela 1. Mesmo Santa Luzia, sendo mais chuvosa que Cabeceiras, tem uma sequência cronológica maior, com clima do tipo árido, que compreende os meses de junho a dezembro contra agosto a dezembro, em Cabaceiras.

Destaca-se, ainda, que mesmo na estação chuvosa de ambas as localidades, que corresponde aos meses de fevereiro a julho, os Ias da UNEP, para Cabaceiras, oscilaram entre subúmido a semiárido enquanto que, em Santa Luzia, variaram de úmido, subúmido, semiárido e árido.

A tendência à desertificação é sempre vista mediante várias metodologias e classificações, desde as mais completas as mais simples, concordando-se com Matallo Júnior e Schenkel (2003) que a mais simplificada tem com base as faixas dos Ia.

Outro indicativo importante na caracterização da aridez ambiental é o índice de seca (ID), que resulta do balanço hídrico climatológico contabilizando-se a relação entre a ETr e a ETo (ou ETP), cujos índices mensais são mostrados na Figura 3.

Figura 3. Médias dos índices de seca (ID), para Cabaceiras (Cab) e Sta Luzia (St Luz).

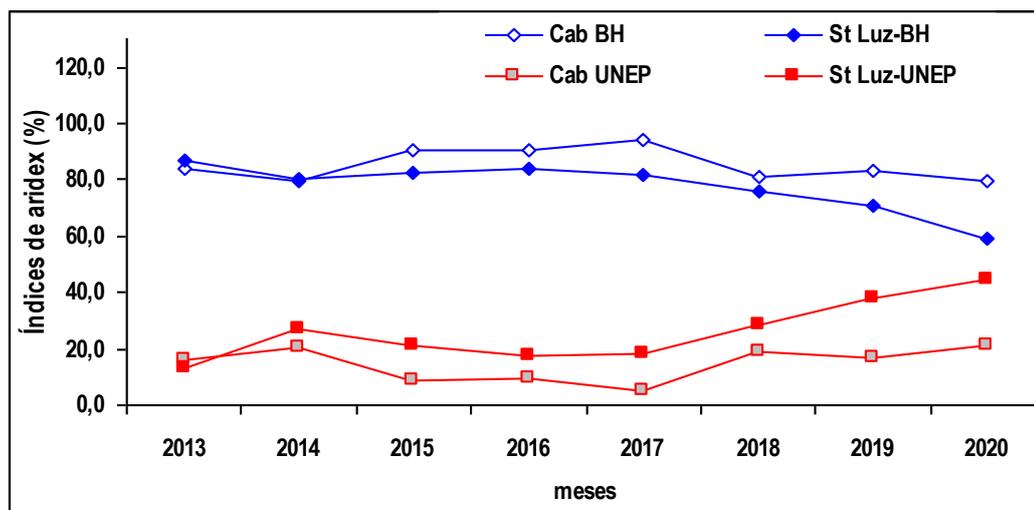


Fonte: Almeida e Galvani, 2022.

Se a chuva for maior que evapotranspiração potencial, o ID será nulo (março e abril, em Santa Luzia). Assim, quanto maior for o déficit hídrico maior o índice de seca, como pode ser comparado com os IDs de Cabaceiras versus Santa Luzia.

Para complementar o estudo climatológico, escolheu-se os últimos anos mais secos (2013 a 2020), para os quais foram estimados os Ia pelos métodos da UNEP e do balanço hídrico climatológico anual sequencial, cujos indicadores são apresentados na Figura 4.

Figura 4. Relação entre o índice de aridez (IA), pelos métodos do balanço hídrico sequencial anual (BH) e o da UNEP, para Cabaceiras (Cab) e Santa Luzia (St Luz), PB



Fonte: Almeida e Galvani, 2022

Comparando-se as curvas dos índices de aridez, pelo método da UNEP em relação ao do balanço hídrico climatológico sequencial, na escala anual, são nítidas as diferenças nos valores do referido indicador. Observa-se (Figura 4) que os Ias da UNEP foram menores, nos anos estudados, em Santa Luzia do que em Cabaceiras. Já, o Ias pelo método do balanço hídrico sequencial foram inversos, maior em Cabaceiras e menor em Santa Luzia.

Destaca-se, entretanto, que as diferenças nos valores dos indicadores de aridez indicam classes climáticas distintas, que pode variar com o método ou o Ia de um método com o Ia do outro.

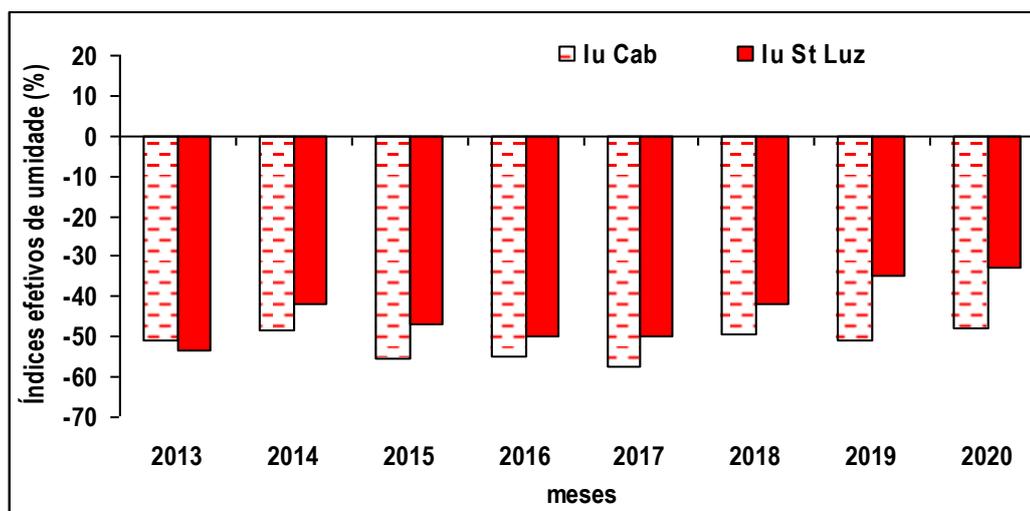
Pelo método da UNEP, Cabaceiras tem classe climática que oscila de hiperárida a semiárida enquanto, Santa Luzia, varia de semiárida a árida. Já, o Ia pelo balanço hídrico climatológico sequencial anual, as classes climáticas são enquadradas, respectivamente, por subúmida úmida e subúmida úmida a subúmida seca.

As diferenças nos Ias, pelos métodos utilizados, corroboram-se com os relatos de Pachêco, Freire e Borges (2006), para a não existe de um consenso científico da dimensão e abrangência do problema, porque há desencontro de interpretação no texto da Convenção sobre Desertificação, por parte da mídia, sendo justificado por Sampaio e Sampaio (2002), em virtude do conceito não ter sido desenvolvido pelo uso, mas pelo entendimento diplomático. Essa dúvida parece existir, também, sobre a irreversibilidade ou não da desertificação.

A importância da relação entre o balanço hídrico climatologia sequencial, em especial, e a susceptibilidade de terras à desertificação, se justifica por considerar os aspectos relacionados ao solo, a profundidade efetiva do sistema radicular e a dinâmica de água no solo durante o período avaliado.

Esse processo contábil além de indicar o excedente e o déficit hídrico, sumariza um indicador calculado em função dos índices de aridez e de umidade, num único indicador, o efetivo de umidade (Figura 5).

Figura 5. Índices efetivos de umidade (Iu), pelo método do balanço hídrico climatológico sequencial anual, para Cabaceiras (Cab) e Santa Luzia (St Luz), PB.



Fonte: Almeida e Galvani, 2022.

As oscilações nos índices efetivos de umidade (Iu) ano a ano (Figura 5), em valores negativos, evidenciam que a localidade de Cabaceiras é menos úmida (mais negativo) do que Santa Luzia.

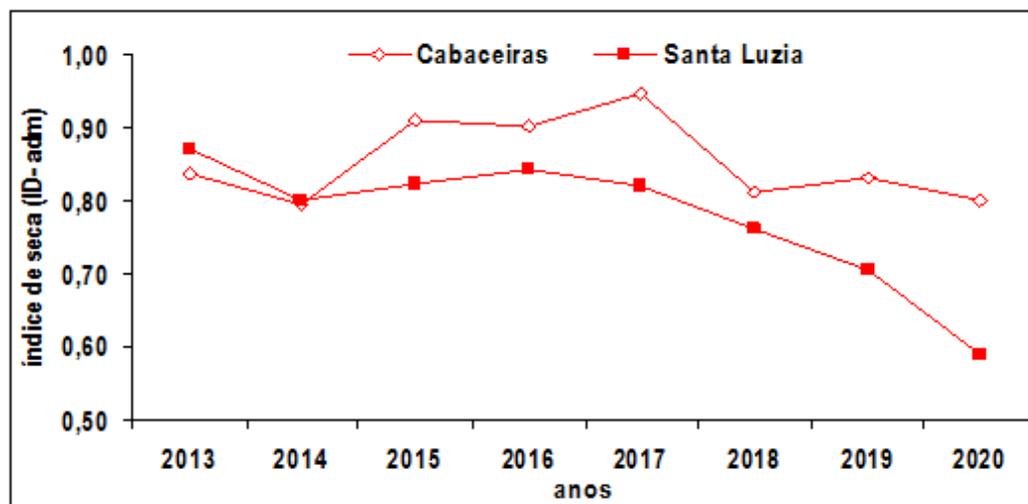
Como o balanço hídrico climatológico é sequencial um indicador positivo (+) ou negativo (-), por exemplo, contribui para o ano seguinte. Uma estiagem em ano, por exemplo, tem um efeito muito menor, que o da sequência de dois ou mais anos.

Essas condições podem ser plenamente comprovadas pelas magnitudes anuais da precipitação pluvial e dos indicadores do balanço hídrico (excedente e deficiência hídrica), com deficiência hídrica em todos os anos, para ambas as localidades.

Outro indicador de seca que provém do balanço hídrico sequencial e deriva-se da relação entre a evapotranspiração real e a evapotranspiração de referência real.

A visualização gráfica dessa importante relação (E_{Tr}/E_{To}), apresentado na Figura 6, tem um comportamento, semelhante ao do índice efetivo de umidade, ou seja, maior em Cabaceiras e menor em Santa Luzia. No entanto, a interpretação é oposta, porque quanto maior for a razão entre E_{Tr} e E_{To} menor será o ID e vice-versa.

Figura 6. Índices de seca (ID) anuais para Cabaceiras e Santa Luzia, PB.



Fonte: Almeida e Galvani, 2022.

Esse indicador é facilmente entendível ao se confrontar os indicadores de deficiência hídrica. Quando o déficit hídrico (DEF) for nulo, a evapotranspiração real é igual à evapotranspiração de referência, ou seja, os maiores déficits hídricos ocorridos em Cabaceiras, entre 2013 e 2020, se justificam pela maior discrepância entre o conteúdo de água disponível e a que deveria ter para atender a demanda máxima de água para a atmosfera.

CONCLUSÕES

Os índices de aridez, estimados pelo balanço hídrico climatológico, associados à irregularidade no regime de chuvas, aos déficits pluviais e as secas sequenciais em Cabaceiras e Santa Luzia são os responsáveis pela ampliação da degradação ambiental.

Os índices de aridez da UNEP e do balanço hídrico climatológico diferem entre si e os valores dos Ia UNEP, nos meses da estação chuvosa, em Cabaceiras, foram duas vezes maiores que os de Santa Luzia.

Há tendências de ocorrer deficiência hídrica, nos dois locais estudados, em todos os meses e o acumulado anual, equivale-se a duas vezes a chuva esperada.

Os indicadores mensais e anuais da deficiência hídrica do solo são diretamente proporcionais aos índices de seca (ID).

As médias anuais dos índices de seca foram sempre menores em Santa Luzia do que Cabaceiras e quanto maior for a razão entre a evapotranspiração potencial e a real menor será o ID e vice-versa.

Os indicadores pluviiais e do balanço hídrico climatológico permitiram caracterizar as condições de semiaridez dos referidos núcleos de desertificação e inferir que as atividades antrópicas contribuem para aumentar a degradação ambiental.

AGRADECIMENTOS

O primeiro e o segundo autores agradecem, respectivamente, ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq), pela concessão das Bolsas de Pós-Doutorado Sênior, PDS 2020, e a de Pesquisa e Produtividade, nível 1D.

REFERÊNCIAS

AUBRÉVILLE, A. *Climats, forêts et désertification de l’Afrique Tropicale*. Paris: Société d’Editions Géographiques, Maritimes et Coloniales, 351p, 1949.

ARAÚJO, A.; SANTOS, M. F. A.; MEUNIER, I.; RODAL, M. J. *Desertificação e seca. Contribuição da ciência e tecnologia para a sustentabilidade do Semi-árido do Nordeste do Brasil*, Recife: 2002. 63p, 2002.

BRASIL. Ministério da Integração Nacional. Secretaria de Políticas de Desenvolvimento Regional. *Nova Delimitação do Semi-Árido Brasileiro*. Brasília, DF, 2005, 35 p.

COSTA, T. C. C.; OLIVEIRA, M. A. J.; ACCIOLY, L. J. O.; SILVA, F. H. B. B. *Análise da degradação da caatinga no núcleo de desertificação do Seridó (RN/PB)*. R. Bras. Eng. Agríc. Ambiental, v.13, (Suplemento), p.961–974, 2009.

CRUZ, F. R. M.; SILVA, L. A.; PEREIRA, E. M.; LUCENA, R. L. *Discussões sobre as mudanças climáticas globais: os alarmistas, os céticos e os modelos de previsão do clima*. GeoTextos, v. 10, n. 1. p. 243-258, 2014.

HARGREAVES, G. H., SAMANI, Z. A. *Reference crop evapotranspiration from temperature*. Transaction of ASAE, v. 1, n.2, p.96-99, 1985.

Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC). Climate Change 2013: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA, 2013, 1535 p.

Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC). Climate Change 2022: Impacts, Adaptation and Vulnerability 2022. Geneva: IPCC, 3670 p., 2022.

MATALLO JÚNIOR, H. Indicadores de Desertificação: histórico e perspectivas. Brasília: UNESCO, 2001, 80p.

MOLION, L. C. B.; LUCIO, P. S. A note on Pacific decadal oscillation, El Nino Southern oscillation, atlantic multidecadal oscillation and the intertropical front in Sahel, Africa. Atmospheric and Climate Science, v. 3, n. 3, p. 269-274, 2013.

PACHÊCO, A. P; FREIRE, N. C. F.; BORGES, U. N. A transdisciplinaridade da desertificação. Geografia, v. 15, n. 1, p.5-34, 2006.

PEREZ-MARIN, A. M., CAVALCANTE, A. M. B., MEDEIROS, S. S.; TINÔCO, L. B. M., SALCED, I. H. Núcleos de desertificação no semiárido brasileiro: ocorrência natural ou antrópica? Parc. Estrat. • Brasília-DF, v.17, n. 34, p. 87-106, 2012.

SAMPAIO, E. V. S. B.; SAMPAIO, Y.; VITAL, T.; ARAÚJO, M. S. B.; SAMPAIO, G. R. Desertificação no Brasil. Recife, Editora Universitária, 202p. 2003.

SOLOMON, S.; DANIEL, J. S.; SANFORD, T. J.; MURPHY, D. M.; PLATTNER, G.-K.; KNUTTI, R.; FRIEDLINGSTEIN, P. Persistence of climate changes due to a range of greenhouse gases. Proceedings of the National Academy of Sciences, vol. 107, n. 43, p. 18354-18359. 2010.

SOARES, D. B., NOBREGA, R. S., GALVÍNCIO, J. D. Indicadores climáticos de desertificação na bacia hidrográfica do rio Pajeú, Pernambuco. Revista Brasileira de Climatologia, v.22, p.363-380, 2018.

THORNTHWAITE, C.W. Atlas of climatic types in the United States. Mixed Publication, 421, U.S. Department of Agriculture, Forest Service, 1941. 250p.

THORNTHWAITE, C. W; MATHER, J. R. The water balance. Publications Climatology, New Jersey, Drexel Inst. of Technology, 104 p, 1955.

United Nations Environment Programme (UNEP). World Atlas of Desertification. Londres: UNEP/Edward Arnold, 1992. 69 p.

VASCONCELOS SOBRINHO, J. Identificação de processos de desertificação no Polígono das Secas do Nordeste Brasileiro. Recife. SUDENE. 1978a 11p.

VASCONCELOS SOBRINHO, J. Metodologia para identificação de processos de desertificação: manual de indicadores. Recife: SUDENE, 1978b 18 p.

Recebido em: 12/09/2022

Aprovado em: 15/10/2022

Publicado em: 19/10/2022