



DIVERSIDADE FLORÍSTICA E GEOECOLOGIA DE BACIA HIDROGRÁFICA NO SEMIÁRIDO EM PERNAMBUCO

Ana Maria Severo Chaves
Universidade Estadual da Paraíba – UEPB, Brasil
anamschaves05@gmail.com

Elayne Mirele Sabino de França
Instituto Federal da Paraíba - IFPB, Brasil
emirele.franca@gmail.com

Alexandre Gomes Teixeira Vieira
Universidade Federal de Pernambuco - UFPB, Brasil
alexandrearqueologia@gmail.com

Rosemeri Melo & Souza
Universidade Federal de Sergipe - UFS, Brasil
rome@academico.ufs.br

RESUMO – É importante estudar a diversidade da fitogeografia do semiárido para revelar os contrastes associados aos componentes geocológicos da paisagem e contribuição ambiental local. Nessa intenção, teve-se o objetivo de mensurar a diversidade florística da bacia hidrográfica do Riacho São José a partir de índices para refletir sobre as interações dos componentes geocológicos que compõem a paisagem e as relações destes com os valores mensurados de diversidade. O aporte metodológico foi a abordagem sistêmica, intercalando trabalho de campo e atividades de gabinete para tabulação e análise dos dados, fazendo uso de técnicas estatísticas e de base cartográfica. Constatou-se que as áreas amostrais apresentam bons índices de diversidade, os quais variam de acordo com o contexto geocológico e disposição no terreno; a bacia, no geral, apresentou valores considerados elevados, quando comparado com outros estudos realizados no ambiente seminários. Tais aferições reforçam a necessidade de desenvolver ações voltadas à conservação ambiental da bacia estudada, de modo a manter e/ou melhorar a diversidade florística da mesma, o que irá impactar positivamente nas condições ambientais e na vida silvestre da área.

Palavras-chave: Índices de diversidade, fitogeografia, paisagem, abordagem sistêmica.

FLORISTIC DIVERSITY AND GEOECOLOGY OF THE HYDROGRAPHIC BASIN IN THE SEMIARID IN PERNAMBUCO

ABSTRACT – It is important to study the diversity of semi-arid phytogeography to reveal the contrasts associated with the geocological components of the landscape and local environmental contribution. With this intention, the objective was to measure the floristic diversity of the creek São José hydrographic basin using indices to reflect on the interactions of the geocological components that make up the landscape and their relationships with the measured values of diversity. The methodological contribution was the systemic approach, interspersing fieldwork and office activities for data tabulation and analysis, making use of statistical and cartographic-based techniques. It was found that the sampling areas present good levels of diversity, which vary according to the geocological context and terrain layout; the basin, in general, presented values considered high, when compared to other studies carried out in the seminar environment. Such measurements reinforce the need to develop actions aimed at

environmental conservation in the studied basin, in order to maintain and/or improve its floristic diversity, which will positively impact the environmental conditions and wildlife in the area.

Keywords: Diversity indices, phytogeography, landscape, systemic approach.

INTRODUÇÃO

A fitogeografia do ambiente semiárido compõe uma diversidade de espécies adaptadas às características intrínsecas da variabilidade dos componentes geocológicos da paisagem: climática, hidrológica, pedológica e geomorfológica. Caracterizada por vegetação caducifolia e xerófita, ou seja, adapta-se sazonalmente às variações pluviométricas, longas estações secas. Aspectos que definem as condições ambientais múltiplas das Caatingas e de áreas serranas úmidas do Nordeste brasileiro.

O semiárido e sua cobertura vegetal, ao longo do tempo, têm sofrido pressões antropogênicas que impactam e descaracterizam as ricas fitofisionomias, com destaque ao desmatamento. Tais ações, muitas vezes, se devem à falta de conhecimento das propriedades e serviços ecossistêmicos que a vegetação das Caatingas pode dispor de forma direta e indireta a sociedade (CHAVES *et al.*, 2021). Por esse motivo, se faz necessário a realização de pesquisas voltadas a conhecer a fitogeografia do semiárido e na perspectiva de revelar e reforçar como essa é diversa e importante a manutenção do equilíbrio ambiental, seja como proteção do solo e evitando processos erosivos, seja como habitat e fonte de nutrição para fauna local.

Nessa intenção, a literatura tem destacado a necessidade de estudos voltados a diversidade fitogeográfica a partir de índices de uso universal, de modo a possibilitar análises comparativas de diferentes porções do domínio das Caatingas, a qual compreende, conforme destacado em Ab'Sáber (2003), desde formações rústicas espinhenta característica do sertão a caatinga arborizada em ambiente subúmido, com destaque aos brejos de altitude nos estados de Pernambuco e Paraíba.

Estudos desenvolvidos em diferentes ambientes do semiárido, por meio de análises da riqueza de espécies e índices de diversidade, entre outros parâmetros, têm destacado como é diversa a composição florística das Caatingas e a necessidades de mais pesquisas nessa direção (ALCOFORADO-FILHO, SAMPAIO e RODAL, 2003; MARACAJÁ *et al.*, 2003; ANDRADE *et al.*, 2005; BARBOSA *et al.*, 2012; OLIVEIRA e COSTA, 2019; SANTANA *et al.*, 2021; SILVA *et al.*, 2022). Ab'Sáber (2003, p. 30) há tempo chamou atenção para “a grande diversidade na composição florística local das Caatingas”.

Nesse sentido, a pesquisa desenvolvida teve como objetivo mensurar a diversidade florística da Bacia Hidrográfica do Riacho São José a partir de índices para refletir sobre as interações dos componentes geocológicos que compõem a paisagem e as relações destes com os valores mensurados de diversidade. Uma temática que deve ser explorada para revelar, por meio de métricas de diversidade, uniformidade e dominância, a riqueza das espécies vegetais da bacia estudada. Sendo a diversidade de uma área, comunidade ou amostra a aferição a partir da quantificação do número de espécies existentes e/ou a descrição da abundância relativa (MAGURRAN, 1988; 2004; MELO, 2008, MORENO, 2001).

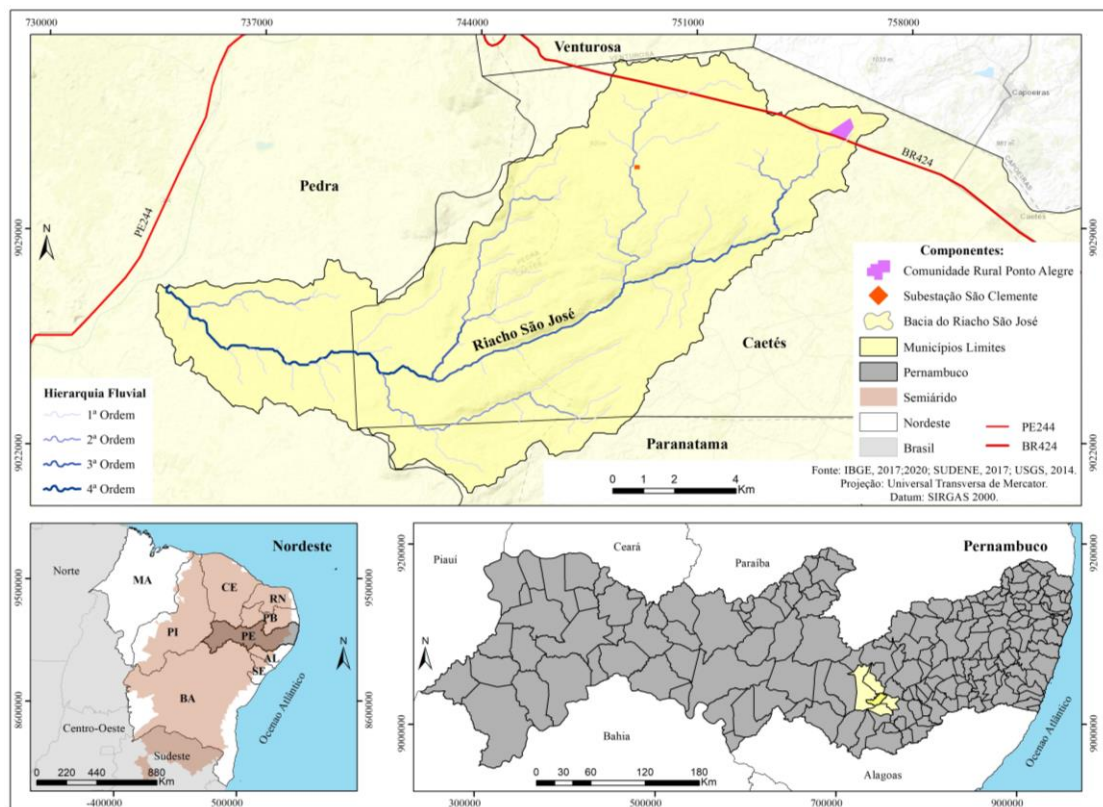
Contexto relevante para pensar a realidade estudada, pois saber os índices é o caminho inicial para realizar uma leitura mais ampla do quadro geográfico, sendo importante indagar sobre o que os índices representam, principalmente, quando comparado com a diversidade de outros ambientes semiáridos e analisado como os componentes geocológicos da paisagem se relacionam com os resultados constatados. O que exige uma leitura integrada da paisagem, considerando sua estrutura e o contexto socioambiental existente.

METODOLOGIA

Área de estudo

A Bacia do Riacho São José (BRSJ) encontra-se localizada na região Agreste do Estado de Pernambuco, dentro dos limites políticos administrativos dos municípios de Caetés, Pedra e Paratama (Figura 1), municípios pertencentes a atual delimitação do semiárido (SUDENE, 2021). A Bacia possui uma área territorial de 146,69 Km e um perímetro de 74,85 Km, compreendendo um ambiente rural antroponatural, com áreas naturais em bom estado de conservação da vegetação primária e secundária, embora seja comum a perturbação por atividades antrópicas, como a criação de animais (bovinos, caprinos e equinos) soltos e agricultura de subsistência.

Figura 1. Mapa de localização da área de estudos.



Org. Autores (2023).

Um fator importante que destaca a bacia como ambiente potencial para o estudo da vegetação é sua forma alongada e disposição espacial sobre o pediplano Central do Planalto da Borborema e a depressão do Baixo São Francisco. Características geomorfológicas associadas a pedologia e fitofisionomia distintas, a saber: Neossolo regolítico no alto curso com uma cobertura vegetal arbórea-arbustiva sobre feições suaves onduladas e onduladas; intercalado no médio curso com Neossolo lítólico com fitofisionomia arbórea-arbustiva com afloramento rochoso e caatinga rupestre em relevo movimentado de serras; e no baixo curso, Planossolo háplico na depressão plana e suave ondulada, com vegetação arbustiva, predominantemente, e trechos de mata-galeria no curso hídrico principal.

MATERIAIS E MÉTODOS

A abordagem metodológica que deu suporte a pesquisa desenvolvida foi a sistêmica, alicerçada na análise integrada da paisagem, entendendo as inter-relações dos elementos que compõem a bacia semiárida estudada. A concepção sistêmica permite estudar a diversidade de uma realidade que pode ser “[...] considerar como uma unidade (um sistema) regulada em um ou outro grau que se manifesta mediante algumas categorias sistêmicas, tais como: estrutura, elemento, meio, relações, intensidade, etc”. (RODRIGUEZ, SILVA e CAVALCANTI, 2022, p. 43).

Nesse sentido, a pesquisa compreendeu atividades integrada entre trabalho de campo – seleção de áreas amostrais, identificação, contabilização das espécies e preenchimento da ficha biogeográfica – e atividades de gabinete – tabulação dos dados em planilhas, mensuração dos índices pelo software R-Studio, análise cartográfica dos componentes geocológicos da paisagem e construção do texto.

O uso de índices possibilitou sintetizar as informações em valores para realização de comparações por verificações estatísticas de diferentes áreas amostradas (MORENO, 2001). A base dos índices de vegetação utilizados é a determinação da riqueza específica das espécies (número total de espécies -S) e a abundância das espécies (número total de indivíduos - N), em uma amostra definida (MAGURRAN, 1988; 2004).

Por sua vez, as informações geocológicas permitiram entender, por meio de uma análise integrada, os componentes que estruturam a paisagem de cada área amostral. O que possibilitou verificar se houve fatores (como solo, relevo, uso da terra) comuns ou divergentes que possam condicionar maior ou menor diversidade.

Assim, primeiro, em gabinete, foi feita a escolha das áreas amostrais para a identificação e quantificação de espécies através do uso de fichas biogeográficas conforme a proposta de Chaves e Melo & Souza (2019) e Chaves, Vieira e Melo & Souza (2023); o segundo foi destinado a realização dos trabalhos de campo nos pontos previamente selecionados, mediante a análise espaço-temporal da vegetação constatada por índices de vegetação, escolhendo-se áreas onde as fitofisionomias não tiveram muita variação temporal, sendo consideradas áreas mais estáveis para mensurar a diversidade. O mês escolhido para o campo foi de maio e junho, após as primeiras chuvas, pois é quando a vegetação da caatinga está verde, com uma fitofisionomia possível de identificação.

O terceiro momento, novamente em gabinete, fez-se a transcrição das informações quantitativas das fichas biogeográficas para matrizes, no excel no formato compatível de leitura do software RStudio, gerando os índices não paramétricos, ou seja, explicados por expressão matemática simples de acordo com a abundância relativa de cada espécie das amostras (MELO, 2008). Com os índices mensurados, especializou-se a localização geográfica das áreas amostrais dos mesmos sobre base cartográfica dos componentes Geocológicos elaborada por Chaves (2021), da Bacia do Riacho São José, para análise das relações entre os dados de diversidades e a geocologia da paisagem semiárida estudada.

Índices de diversidade

Para o cálculo dos índices, na bacia do Riacho São José, identificou-se e contabilizou-se as espécies em quatro áreas pré-definidas (amostras) dentro de um raio de 10 m de diâmetro (314m²), seguindo o percurso no sentido Oeste-Leste, por ser uma forma acessível de percorrer a extensão longitudinal da bacia da foz no rio cordeiro no município de Pedra e a montante no município de Caetés, conforme apresentado em Chaves e Melo & Souza (2019).

Os índices aplicados envolveram, a priori, fazer a análise da riqueza específica (S), a qual corresponde a identificação das espécies existentes; número total de indivíduos (N); a

abundância das espécies (A), que equivale a quantidade de indivíduo para cada espécie identificada em unidade; e abundância proporcional (p_i), que compreende a relação entre A/N , por amostra e em conjunto (considerando a bacia representada pelo total das amostras), por meio de diagrama de distribuição e diagrama de curvas de dominância.

Com os dados fitogeográficos tabulados em planilha excel, no RStudio, estimou-se os índices de diversidade Shannon, equitabilidade/uniformidade de Pielou e dominância Simpson, a saber:

Índice de diversidade Shannon – H. Compreende métrica do grau de incerteza dentro da seleção aleatória de uma espécie dentro de uma amostra utilizada na quantificação da biodiversidade específica, refletindo a heterogeneidade de um ambiente (amostra) de acordo com o número de espécies presentes e sua equabilidade (PLA, 2006; MELO, 2008). (Equação 1)

$$H = - \sum_{i=1}^S p_i \log_b p_i \quad (1)$$

p_i – proporção de espécies;
 i, S – número de espécies;
 b – base do logaritmo neperiano.

Índice de Equitabilidade/Uniformidade de Pielou – J. Procedido do índice de diversidade de Shannon, tem o objetivo de representar a uniformidade da distribuição dos indivíduos entre as espécies existentes, medindo a proporção da diversidade observada em relação a máxima diversidade esperada (PIELOU, 1966; MAGURRAN, 1988; MORENO, 2001). (Equação 2)

$$J = \frac{H'}{H_{max'}} \quad (2)$$

H' – Índice de Shanon-Wiener;
 $H_{max'}$ – dado pela expressão $max' = \log_b S$.

Índice de Dominância de Simpson – D. Consideram a representatividade das espécies com o maior valor de importância sem avaliar a contribuição do resto das espécies (MORENO, 2001). (Equação 3)

$$D = \left(\frac{\sum_{i=1}^n n_i X (n_i - 1)}{N(N - 1)} \right)^n \quad (3)$$

n_i – número de indivíduos de cada espécie;
 N – número de indivíduos.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

No ambiente semiárido, onde a vegetação responde sazonalmente às mudanças meteorológicas – presença e ausência de chuvas – identificar a diversidade das espécies vegetais é tão importante quanto saber caracterizar as fitofisionomias em sua dinâmica, função e resiliência. Também, é fundamental entender as relações geocológicas que se processam e diferentes pontos do domínio das Caatingas e se esses refletem no quadro da diversidade florística.

Riqueza específica e abundância da vegetação da bacia hidrográfica do Riacho São José

No tocante às medidas de diversidade, a riqueza específica é a primeira e a mais simples de ser mensurada, pois refere-se à identificação das espécies em uma área amostral. No entanto, essa possui caráter intuitivo, embora seja utilizada com sucesso quando a área de estudo é delimitada com êxito no espaço e no tempo e as espécies constituintes identificadas e quantificadas, resultando em uma medida de diversidade extremamente útil (MAGURRAN, 1988; GOTELLI e COLWELL, 2011).

Assim, além da constatação inicial, que foi saber as espécies vegetais de quatro amostras ao longo da BRSJ, para mensurar os índices pretendidos, foi preciso em campo quantificar o número de indivíduos por espécies identificadas. Com esses dados qualitativos foi possível estimar inicialmente: a abundância das espécies (A) e abundância proporcional (pi) (Tabela 1).

Tabela 1. Tabulação dos dados fitogeográficos e medida de diversidade baseado na riqueza específica da bacia do Riacho São José-PE.

Espécie	AM_01	pi/ AM_01	AM_02	pi/ AM_02	AM_03	pi/ AM_03	AM_04	pi/ AM_04
<i>Erythrina velutina</i>	1	0,004	0	*	0	*	0	*
<i>Prosopis juliflora</i>	31	0,118	0	*	0	*	0	*
<i>Sideroxylon obtusifolium</i>	3	0,011	0	*	0	*	0	*
<i>Sena sp</i>	8	0,030	0	*	0	*	0	*
<i>Poincianella pyramidalis</i>	30	0,114	20	0,067	0	*	0	*
<i>Piptadenia sp</i>	2	0,008	1	0,003	1	0,014	0	*
<i>Senegalia polyphylla</i>	3	0,011	2	0,007	0	*	1	0,004
<i>Ziziphus joazeiro</i>	1	0,004	0	*	0	*	0	*
<i>Cereus jamacaru</i>	2	0,008	0	*	2	0,028	3	0,013
<i>Jatropha molissima</i>	31	0,118	30	0,101	1	0,014	0	*
<i>Tacinga palmadora</i>	10	0,038	2	0,007	0	*	0	*
<i>Sida cordifolia</i>	30	0,114	15	0,050	0	*	30	0,136
<i>Croton rhamnifolius</i>	31	0,118	30	0,101	0	*	30	0,136
<i>Pilocereus gounellei</i>	15	0,057	0	*	0	*	0	*
<i>Croton argirophyloides</i>	2	0,008	0	*	0	*	0	*
<i>Cnidoscolus urens</i>	30	0,114	30	0,101	0	*	4	0,018
<i>Tacinga inamoena</i>	30	0,114	30	0,101	0	*	0	*
<i>Pilosocereus spp</i>	1	0,004	0	*	2	0,028	0	*
<i>Amburana cearensis</i>	0	*	1	0,003	0	*	0	*
<i>Lippia sidoides</i>	0	*	12	0,040	5	0,070	0	*
<i>Waltheria indica</i>	0	*	30	0,101	0	*	0	*
<i>Aspidosperma pyriforme</i>	0	*	1	0,003	0	*	0	*
<i>Bauhinia cheilantha</i>	0	*	2	0,007	0	*	0	*
<i>Herissantia tiubae</i>	0	*	30	0,101	30	0,42	0	*
<i>Jatropha sp</i>	0	*	30	0,101	0	*	0	*
<i>Bromelia laciniosa</i>	0	*	30	0,101	0	*	0	*
<i>Myracrodruon urundeuva</i>	0	*	0	*	1	0,014	0	*
<i>Schinopsis brasiliensis</i>	0	*	0	*	5	0,070	0	*
<i>Mimosa tenuiflora</i>	0	*	0	*	1	0,014	13	0,059

<i>Libidibia ferrea</i>	0	*	0	*	1	0,014	0	*
<i>Euphorbia phosphorea</i>	0	*	0	*	1	0,014	0	*
<i>Chloroleucon dumosum</i>	0	*	0	*	7	0,098	0	*
<i>Croton tricolor</i>	0	*	0	*	3	0,042	0	*
<i>Capsicum parvifolium</i>	0	*	0	*	10	0,140	30	0,136
<i>Oxalis debilis</i>	0	*	0	*	1	0,014	0	*
<i>Clusia nemorosa</i>	0	*	0	*	0	*	30	0,136
<i>Hymenaea eriogyne</i>	0	*	0	*	0	*	2	0,009
<i>Syagrus coronata</i>	0	*	0	*	0	*	4	0,018
<i>Sapium argutum</i>	0	*	0	*	0	*	1	0,004
<i>Psidium sp</i>	0	*	0	*	0	*	1	0,004
<i>Croton zehntneri</i>	0	*	0	*	0	*	1	0,004
<i>Ageratum conyzoides</i>	0	*	0	*	0	*	3	0,013
<i>Vanillosmopsis erythropapa</i>	0	*	0	*	0	*	2	0,009
<i>Varronia globosa</i>	0	*	0	*	0	*	1	0,004
<i>Senna martiana</i>	0	*	0	*	0	*	4	0,018
<i>Mimosa modesta</i>	0	*	0	*	0	*	30	0,136
<i>Mimosa quadrivalvis</i>	0	*	0	*	0	*	30	0,136
Número / Total de Indivíduos (N)	261	1	296	1	71	1	220	1
Riqueza Específica / Número Total de Espécies (S)	18	**	17	**	15	**	19	**

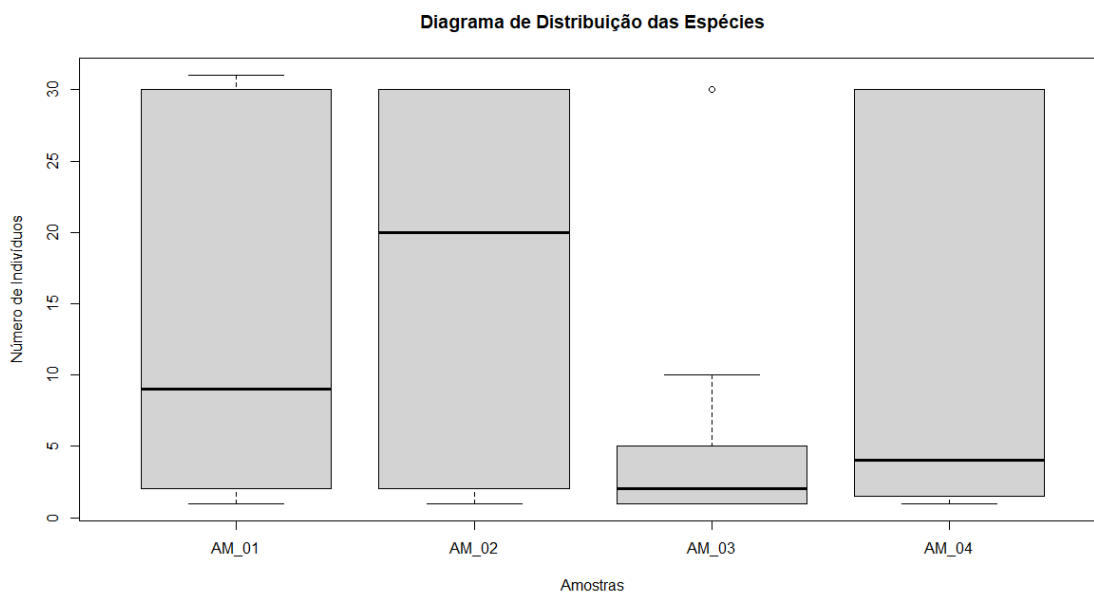
Fonte: Autores (2020).

A identificação e quantificação das espécies, intuitivamente revelou que a amostra 04 (AM_04) apresenta maior riqueza específica (com 19 espécies), seguida por AM_01 (com 18), AM_03 (com 17) e AM_02 (com 15 espécies) com menor riqueza constatada. A riqueza específica revelou as amostras com maior e com menor diversidade, quando considerado a diferenciação de espécies vegetais, no entanto não considera a abundância das espécies, ou seja, o número de indivíduos. Para isso se fez necessário a construção de diagramas de distribuição das espécies e classificação de abundância.

O diagrama de distribuição organiza as espécies de acordo com o número de indivíduos representativos, isso destaca a amostra que possui espécies com até 31 (AM_01) e as com 30 indivíduos (AM_02, AM_03 e AM_04), conferindo uma distribuição não homogênea ao longo da área estudada, conforme específica o gráfico boxplot (Figura 2). De acordo com a posição do segundo quartil (linha divisória da caixa de plotagem), que representa a mediana dos valores, contendo 50% das espécies identificadas por ponto amostrado, observa-se que as amostras 03 e 04 compreendem espécies com menor incidência em relação às amostras 01 e 02.

No gráfico boxplot, o primeiro quartil compreende 25% das espécies amostradas, constatando nessa faixa que todas as amostras possuem menos de 5 indivíduos por espécies; já o segundo quartil mostra, a mediana, varia ao longo da bacia: AM_01 com mediana 09, o que significa que 50% das espécies possuem nove ou menos indivíduos; AM_02 com mediana 20, 50% de suas espécies apresentam vinte ou menos exemplares; AM_03, amostra menos expressiva, apresenta mediana 02, o que equivale a 50% das espécies representadas por dois ou um indivíduos; por sua vez, AM_04, cuja mediana é 04, possui 50% das espécies representadas por quatro ou menos indivíduos.

Figura 2. Diagrama de distribuição das espécies em relação ao número dos indivíduos representativos.



Org. Autores (2020).

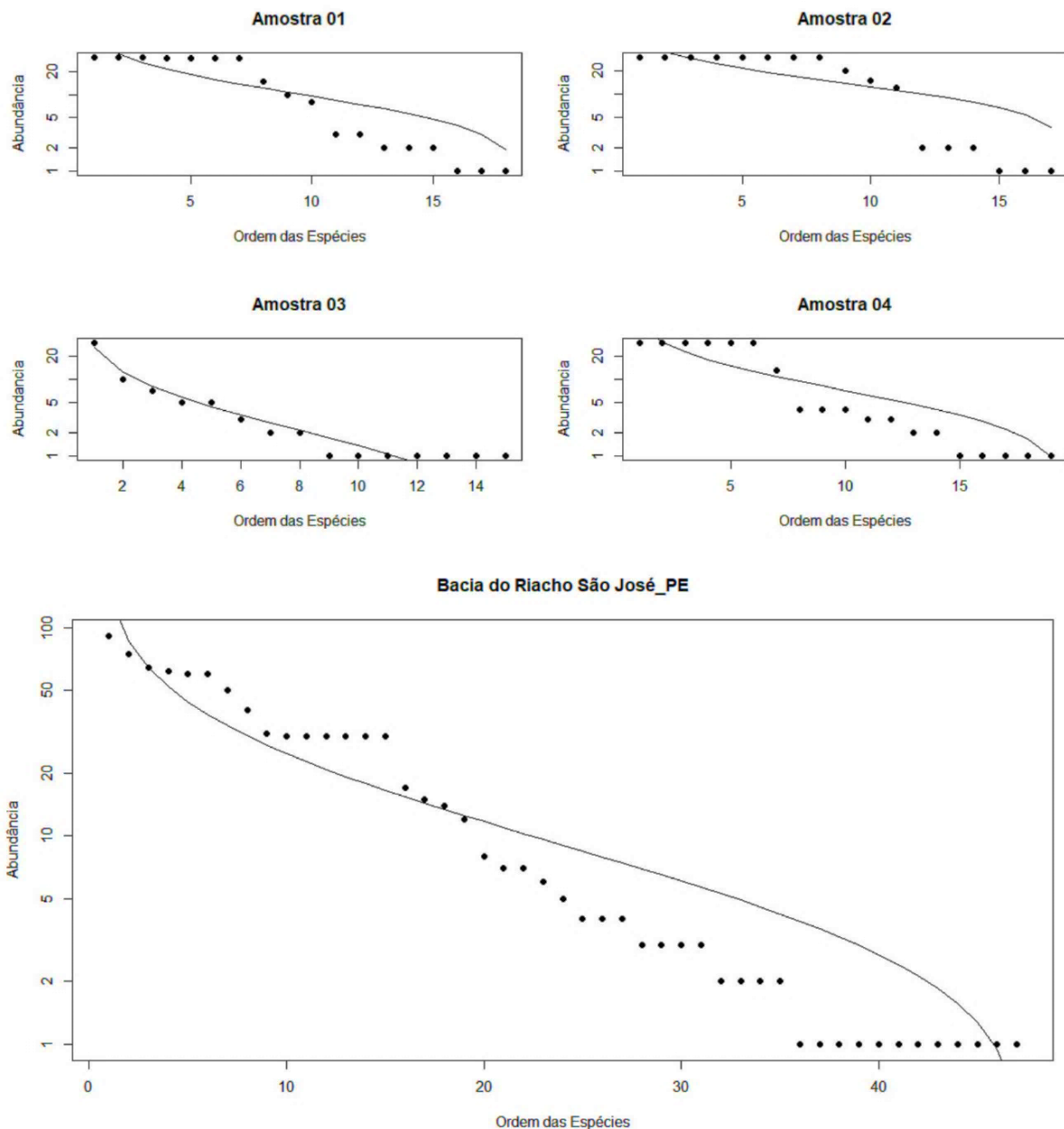
Os dados revelam que poucas espécies são abundantes, atingindo até 31 exemplares, enquanto a maioria das espécies apresentam representatividade abaixo de 20, 10 e 5 indivíduos. Esses dados ficam bem representados no diagrama de abundância das espécies, por meio de curvas de dominância (Figura 3), método gráfico que permitir visualizar a distribuição das espécies em ordem decrescente: das dominantes para as raras menos dominantes (MAGURRAN, 2004; MELO, 2008; SMITH e WILSON, 1996).

As curvas formadas nos diagramas representam duas variáveis: riqueza pelo comprimento da linha e uniformidade pela sua inclinação (MELO, 2008; SMITH e WILSON, 1996). Quanto mais uniforme e longa a curva for, maior será a diversidade e uniformidade entre a abundância das espécies (MAGURRAN, 2004; MELO, 2008). Ricotta (2003) esclarece que a alta diversidade é proporcional à alta riqueza de espécies e uniformidade.

Considerando as curvas de dominância, têm-se nas AM_01, AM_02 e AM_04 padrões similares na formação, o que confere melhor distribuição das espécies perante a inclinação rasa da curva. A AM_03 apresenta maior profundidade destacando menor abundância. Outro aspecto que pode ser aferido é a proporção das espécies (MCGILL *et al.*, 2007) por amostra. Isso significa que a curva da amostra 02 revela maior proporção para espécies abundantes, pois é mais uniforme; as AM_01 e AM_04 apresentam incidência proporcional entre espécies raras e abundantes; a AM_03 possui abundância caracterizada por espécies raras. Sendo o termo “rara” equivalente a espécies com menor incidência e cada contexto (MAGURRAN, 2004).

Para a Bacia do Riacho São José, o diagrama de classificação de abundância apresenta uma curva intermediária, tendo seu começo similar a AM_03 e seu final conforme a curva da amostra 04, isso reflete ao predomínio de espécies raras (abaixo de 10 exemplares) e dominância de poucas espécies (com mais de 60 indivíduos), esse contexto desponta uma estabilidade linear em espécies comuns com 30 indivíduos.

Figura 3. Diagramas de curvas de abundância por amostra e em conjunto.



Org. Autores (2020).

A diferença nas curvaturas dos diagramas se deve às distintas proporções da composição florística, pois ora tem-se um conjunto de espécies abundantes e ora de espécies raras. É válido frisar que em uma área amostrada é comum uma ou duas espécies dominarem, enquanto as demais são infreqüentes, (GOTELLI *et al.*, 2009; MAGURRAN, 2004; MCGILL *et al.*, 2007). McGill *et al.* (2007) observam que em diferentes pontos amostrados, com frequência uma espécie rara se torna abundante ou uma espécie abundante se torna rara, situação que se constata ao analisar composições florísticas da BRSJ, considerando os gradientes geoecológicos.

Nessa situação, têm-se os seguintes casos verificados: a espécie *Jatropha molíssima* apresenta abundâncias máximas para as AM_01 e AM_02, com 31 e 30 indivíduos respectivamente, e raridade para a AM_03 com 1 exemplar; *Cnidocolus urens* apresenta boa dominância para as amostras 01 e 02, com 30 indivíduos para ambas e entra no contexto de raridade para a AM_04,

com 4 exemplares; *Capsicum parvifolium* é abundância máxima para AM_04 e raridade para a amostra 03 com 10 unidades representativas.

As amostras 01 e 02 apresentam semelhanças na composição florística com abundâncias proporcionais elevadas para espécies comuns, a exemplo da *Poincianella pyramidalis*, *Sida cordifolia*, *Croton rhamnifolius*, *Cnidocolus urens* e *Tacinga inamoena*. Situação decorrente da localização geográfica e de condições geocológicas semelhantes, pois ambas se encontram na posição sotavento do planalto da Borborema. Já as amostras 03 e 04 apresentam maior diferença na composição florística e abundância proporcional, isso, também, se justifica pela localização geográfica e as condições geocológicas: a AM_04 está sobre a parte alta do planalto da Borborema acima de 900m de altitude e a AM_03 compreende descida do vale em altitude de 807m.

Esses contrastes corroboram com a literatura, que coloca a classificação da abundância em diagramas como um método eficaz para ilustrar mudanças na diversidade em relação a modificações (perturbações) ambientais, por esse motivo é importante conhecer os fatores geográficos e ambientais do ambiente escolhido para as amostragens, pois eles possuem potencial de condicionar a diversidade florística existente (GOTELLI *et al.*, 2009; MAGURRAN, 1988; 2004; MCGILL *et al.*, 2007).

Relação entre a diversidade florística e a geocologia da bacia hidrográfica do Riacho São José

A bacia do Riacho São José apresenta uma boa diversidade florística e dominância ecológica, seja considerando as amostras individualmente, seja em conjunto. Pois, constatou-se que os índices de diversidade Shannon, Uniformidade de Pielou e Dominância Simpson (Tabela 2) apresentam variações que estão relacionadas a realidade do ambiente característico onde cada ponto amostral está localizado.

Tabela 2. Medidas de diversidade florística na Bacia do Riacho São José-PE.

Índices	Amostra 01	Amostra 02	Amostra 03	Amostra 04	Total
Diversidade Shannon - 'H	2.43	2.48	2.00	2.34	3.13
Uniformidade de Pielou - J'	0.84	0.87	0.74	0.80	0.81
Dominância Simpson - D	0.90	0.91	0.78	0.88	0.94

Fonte: Autores (2020).

Sobre os índices, todos apontam para as amostras 02 e 01 com composição florística mais diversas, bem como, colocam a AM_03 com menor diversidade. Já ao mensurar todas as espécies identificadas, passando para a escala da BRSJ, chega-se a índices de diversidade Shannon e Dominância Simpson mais elevados do que os valores estimados por amostra. Exceção se verifica no índice de uniformidade de Pielou, que ficou inferior ao das amostras 01 e 02, refletindo os contrastes da abundância das espécies da bacia.

Em ambientes de Caatinga, estudos constatam que os índices de diversidade variam entre 0,86 a 3,26 (BARBOSA *et al.*, 2012), ou seja, de baixa a alta, sendo que os valores de diversidade Shannon tendem a ficar entre 1,5 e 3,5 (MARGALEF, 1972 *apud* MAGURRAN, 1988). Os estudos, sobre a diversidade florística em ambiente semiárido, também apontam que devido ao histórico de perturbação os índices têm se revelado baixos, não chegando a atingir o valor H' de 02 (ALVES JUNIOR *et al.*, 2013; BATISTA *et al.*, 2019; CALIXTO JÚNIOR e DRUMOND, 2011; HOLANDA *et al.*, 2015). Situação não constatada para a bacia estudada, uma vez que a

escolha das áreas amostrais levou em consideração a dinâmica da vegetação em uma análise espaço-temporal de 30 anos, conforme indicou Chaves e Melo & Souza (2019).

Na bacia, as medidas de diversidade por amostras variam entre 2,00 na AM_03 a 2,48 para AM_02, o que confere valores semelhantes ao encontrado na literatura para outras áreas semiáridas, como constatado por Alcoforado-Filho *et al.* (2003), Silva (2009); Barbosa *et al.* (2012), Alves Junior *et al.* (2013) e Marangon *et al.* (2013). Nesse sentido, Barbosa *et al.* (2012) ao estimarem a diversidade H' de um fragmento de Caatinga inserido no Planalto da Borborema com variação altimétrica entre 650 e 1.000 metros, condições semelhantes ao da bacia do Riacho São José, constataram valor de 2,05 (próximo ao verificado na AM_03 da BRSJ); já Alcoforado-Filho *et al.* (2003), ao estudarem um remanescente de vegetação caducifólia espinhosa arbórea em Caruaru-PE, mensuraram diversidade Shannon de 3,09, valor aproximado ao de 3,13 verificado quando considerado toda a área total da BRSJ.

A esse respeito, a literatura esclarece que os índices de diversidade tendem a aumentar com o esforço da amostragem (GOTELLI *et al.*, 2009; MAGURRAN, 1988; 2004; MCGILL *et al.*, 2007). Sobre isso, em um levantamento preliminar da flora de angiospermas existente no vale do Riacho São José, Vieira *et al.* (2017) identificaram 171 espécies e 45 famílias, o que revela a possibilidade do índice Shannon atingir o valor acima de 4,5, tido como exceção e só possível de ocorrer quando se constata mais de 105 espécies (MAY, 1975 apud MAGURRAN, 1988). No entanto, a quantificação da abundância das espécies exige um esforço considerado impossível para uma área com mais de 100Km², pois a maioria dos índices precisam da identificação e quantificação das espécies.

O segundo índice mensurado foi a uniformidade de Pielou, medida que varia entre 0 e 1, em que zero (0) representa desproporcionalidade na abundância e um (1) confere situação em que todas as espécies são igualmente abundantes (MAGURRAN, 1988), logo, quanto mais próximo ao valor 1, maior a uniformidade. O resultado para a bacia do Riacho São José foi uma uniformidade geral de 0,81, o que significa boa equidade na distribuição de indivíduos por espécies. Já na análise por amostra, a uniformidade variou entre 0,74 para AM_03 e 0,87 na AM_02, valores representativos. Outros estudos sobre a flora semiárida apresentam equidade abaixo de 0,70 ou entre 0,71 e 0,79, poucos ultrapassam o valor de 0,80 (ALVES JUNIOR *et al.*, 2013; BARBOSA *et al.*, 2012; CALIXTO JÚNIOR e DRUMOND, 2011; HOLANDA *et al.*, 2015; SABINO, CUNHA e SANTANA, 2016; SANTANA *et al.*, 2021; SILVA *et al.*, 2022).

No tocante a dominância de Simpson (D), poucos estudos têm explorado essa métrica para o ambiente semiárido, isso se deve à falta de sua popularidade em relação à diversidade H' e uniformidade J' , embora seja tido como um parâmetro robusto (MAGURRAN, 1988; 2004) que corrobora na análise da diversidade junto às demais medidas realizadas. O índice de dominância (D) é de 0,94 para a BRSJ; já por amostra, os valores corroboram com a Diversidade Shannon e Uniformidade de Pielou, pois indicam a mesma sequência de importância, variando entre 0,78 para AM_03 a 0,91 na AM_02. Em relação a outros estudos no semiárido, os resultados constatados são próximos ao verificado na literatura (ALVES JUNIOR *et al.*, 2013; MARANGON *et al.*, 2013; SILVA, 2009). A esse respeito, Alves Junior *et al.* (2013) e Marangon *et al.* (2013), em estudos realizados no município de Floresta-PE, estimaram dominância de 0,77 e 0,84, próximo ao valor verificado na AM_03 e na AM_04 da BRSJ. Por sua vez, Silva (2009) aferiu dominância de 0,86 e 0,88 para a região agreste de Pernambuco, valores similares às amostras 01 e 02 da Bacia estudada nesta pesquisa.

Diante dos dados apresentados, observa-se que a análise da diversidade, uniformidade e dominância corroboram entre si, indicando que a BRSJ apresenta uma boa diversidade fitogeográfica, embora os valores variem espacialmente em contraste com as condições geoecológicas da paisagem. Mas, quando comparado a outros estudos em ambiente de Caatinga, os índices gerais da bacia estão entre os mais elevados, acima de 3 para Shannon, 0,80 em uniformidade e dominância de 0,94, revelando relação de equilíbrio entre riqueza e abundância das espécies identificadas e quantificadas.

Associando os índices com a localização geográfica e os fatores geocológicos, com destaque as classes de solos, a declividade do terreno, o gradiente altimétrico e a cobertura vegetal (Figura 4), verificou-se que as amostras com maior diversidade, uniformidade e dominância estão sobre a mesma classe de solo, o Planossolo háplico, declividade plana e cotas altimétricas abaixo de 600 metros. A composição florística das AM_02 e AM_01 são as mais similares, com predomínio das fitofisionomias arbóreas e arbustivas.

A amostra 03 destaca as menores medidas verificadas, suas variáveis Geocológicas são distintas das demais amostras, estando sobre encosta com declividade ondulada em Neossolo litólico, altimetria acima de 800 metros e fitofisionomias arbóreas e arbórea-arbustivas predominantes. Um destaque é que a vegetação se encontra mais conservada, porém a riqueza e a abundância das espécies constatadas são as menores. Já a quarta amostra é a terceira mais diversa, está localizada em ambiente de “brejo de altitude” acima de 900 metros, configura variáveis geocológicas distintas das outras amostras, com exceção da declividade plana. Situada sobre o Neossolo regolítico predominam as fitofisionomias arbóreas, arbóreas e arbustivas, com presença de espécies de floresta estacional semidecidual, a exemplo da *Hymenaea courbaril* (jatobá) e *Clusia nemorosa* (Pororoca).

A literatura tem destacado que as variações de diversidade, diferenças florísticas e estruturais estão associadas ao quadro geocológico da paisagem sobre a qual estão localizadas, como tipo de solos, fatores bióticos e abióticos, edafoclimáticos, semiaridez e a ação antrópica (GONZAGA *et al.*, 2017; SANTANA *et al.*, 2021; SILVA *et al.*, 2022).

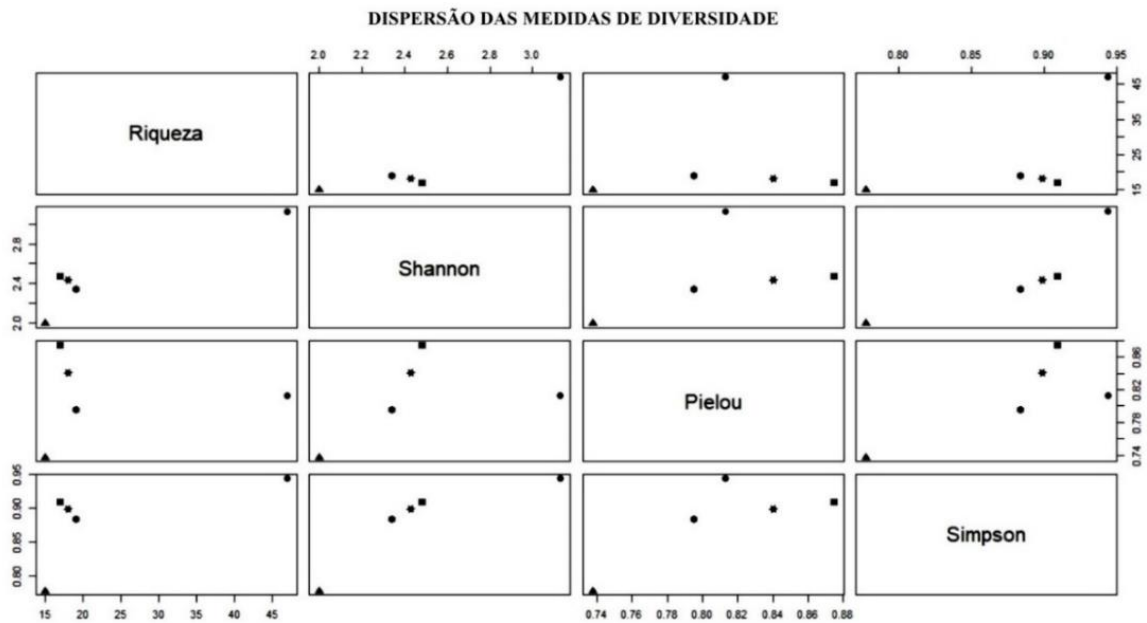
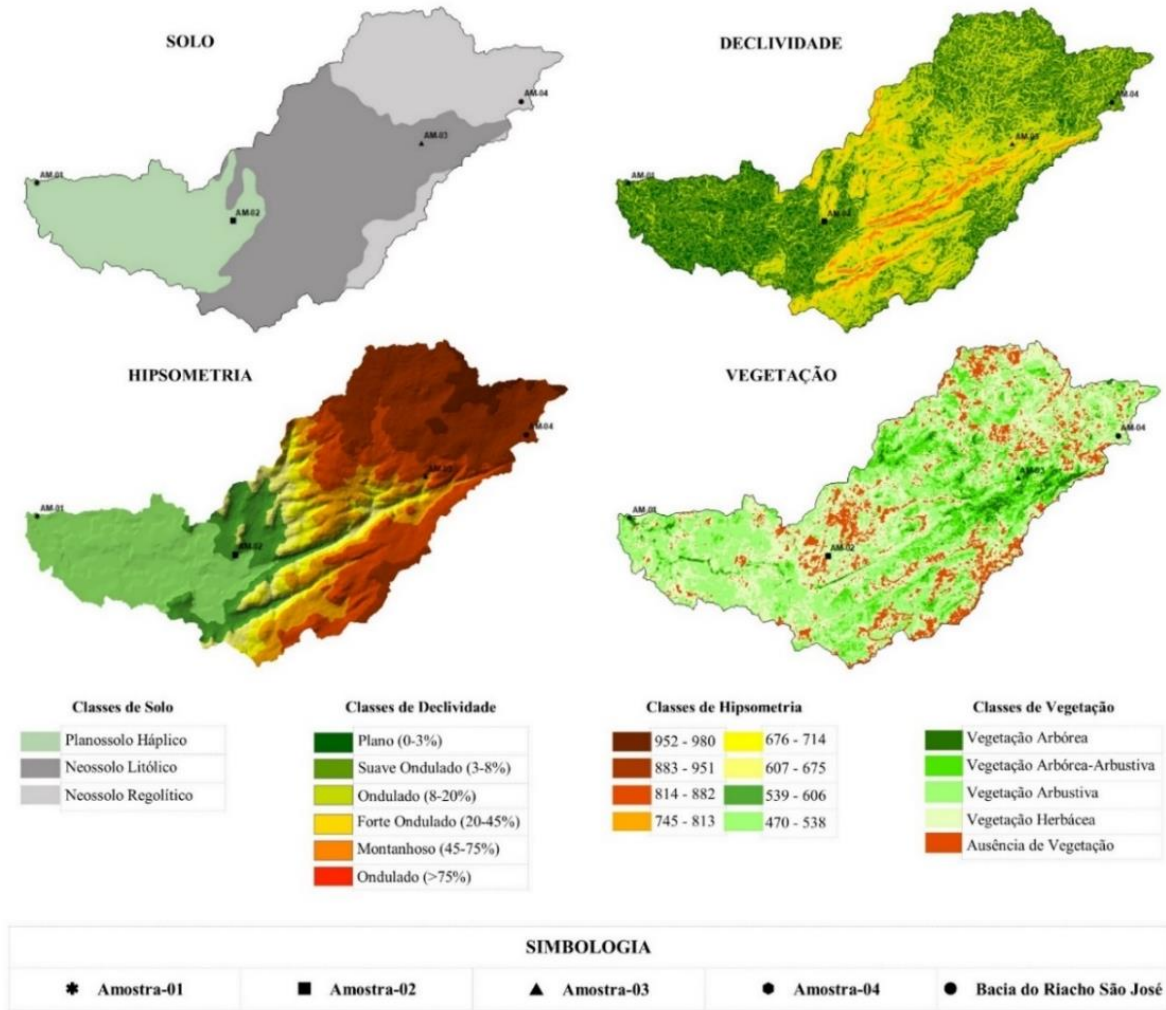
Em contexto amplo, as medidas de diversidade também permitem avaliar a perda de espécies e o potencial de conservação dos ambientes amostrados (DIAS, 2020). Nesse sentido, observou-se na BRSJ que a diversidade reflete os fatores geocológicos, o que não significa que a amostra 03, por apresentar menor diversidade, seja a menos conservada; pelo contrário, sua localização compreende uma das porções mais conservadas do médio curso, isso por compreender encosta de vale com declividade que restringe, em certo ponto, o desenvolvimento de usos antrópicos, no entanto é comum a presença de animais soltos.

As amostras 02 e 01, apesar de apresentarem os melhores índices mensurados, estão mais susceptíveis a usos antrópicos, pois apresentam características ambientais favoráveis. Todavia, a localização geográfica compreende uma área pouco habitada e com limitações hídricas, por estar a sotavento do planalto da Borborema. Sendo comum a presença de equinos soltos na Caatinga.

Situação contrária se verifica na AM_04, localizada em uma área de fácil acesso e entorno povoado sobre o planalto da Borborema, as médias pluviométricas são mais bem distribuídas ao longo dos anos e os fatores geocológicos são favoráveis ao desenvolvimento de atividades antrópicas, denotando área que sofre maior pressão de uso. Porém, devido a laços afetivos com o lugar, o proprietário optou por manter a área conservada, embora, às vezes, deixe animais, equinos e bovinos, soltos na área.

Diante da realidade apresentada, depreende-se que as medidas de diversidade podem ser tidas como indicadoras que reforçam a importância da BRSJ enquanto área para conservação de representativas fitofisionomias do ambiente semiárido no Agreste pernambucano. Para isso, é necessário um planejamento ambiental conservacionista que considere as potencialidades e as limitações paisagísticas. Assim, diante das diferentes métricas para estimar a diversidade florística de uma área, na impossibilidade de realizar mais de um índice, deve-se priorizar os dados de riqueza e a abundância das espécies, pois delas dependem a maioria dos cálculos de diversidade.

Figura 3. Variáveis Geoecológicas que caracterizam a dispersão das medidas de diversidade para a bacia do Riacho São José-PE.



Org. Autores (2020).

CONSIDERAÇÕES FINAIS

As fitofisionomias que formam o domínio das Caatingas variam espacialmente na superfície terrestre sobre a influência dos elementos geoecológicos da paisagem: clima, solo, relevo, como também as pressões antrópicas. Associado a aparência e estrutura da vegetação semiárida existe uma rica diversidade ainda pouco estudada. Ao longo do tempo a literatura geográfica brasileira tem chamado a atenção para a realização de estudos nesse sentido. Sendo a estimativa de índices uma forma robusta de constatar tal realidade.

Estudos nessa direção têm sido desenvolvidos com mais frequência a partir dos anos 2000, sendo necessário continuar com esse esforço nos dias atuais, pois muito precisa ser conhecido e interpretado sobre a realidade dos ambientes semiáridos, sua composição florística e características geoecológicas. A pesquisa aqui apresentada é mais uma que se soma a essa literatura reforçando afirmações feitas, a vegetação das Caatingas apresenta de boa a alta diversidade. Exceções são verificadas em áreas que sofreram muitas pressões antrópicas, o que afetou a diversidade das espécies, com destaque na redução das arbóreas que possuem valores de usos diversos.

A Bacia do Riacho São José se apresenta como estratégica na análise da diversidade da vegetação devido a sua forma e localização geográfica, que contrastam diferentes paisagens. Assim, ao considerar as interações entre os elementos geoecológicos e os índices mensurados seria estranho não haver relações que refletem na cobertura vegetal, como relatados nos resultados apresentados, os quais foram comparados a dados já disponíveis na literatura, enquadrado a área estudada com bons índices de diversidade florísticas, uniformidade e dominância ecológica. Se sobressaindo a outros ambientes semiáridos no estado de Pernambuco ou fora dele.

Nesse sentido, se faz necessário o desenvolvimento de mais pesquisas sobre essa temática, reforçando em diferentes escalas espaciais a riqueza florística que compõe a vegetação semiárida, para se traçar ações conservacionistas desses espaços, pois os baixos índice de diversidades das Caatingas são reflexos das perturbações antrópicas que descaracterizam a flora. E como poucas áreas preservam fitofisionomias primárias, os índices são excelentes indicadores a serem utilizados nessa intenção. E se tratando da bacia do riacho São José, a conservação de áreas naturais de Caatinga são urgentes tendo em vista evitar efeitos de degradação futuros nas fitofisionomias singulares identificadas na área.

AGRADECIMENTOS

A primeira autora agradece o apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - Brasil (CAPES) - Código de Financiamento 001, pela concessão de bolsa de doutorado em Geografia no Programa de Pós-graduação em Geografia da Universidade Federal de Sergipe-PPGEO/UFS, ao Grupo de Estudo em Geoecologia e Planejamento Territorial (GEOPLAN), o Grupo de Estudo do Vale do São José e aos proprietários de localidades no Vale do São José que autorizaram a entrada dos pesquisadores para a realização da pesquisa. O terceiro autor agradece pela concessão de bolsa de doutorado no Programa de pós-graduação em Antropologia da Universidade Federal de Pernambuco (UFPE) à Fundação de Amparo a Ciência e Tecnologia do estado de Pernambuco (Facepe).

REFERÊNCIAS

AB'SÁBER, A. N. Os domínios da natureza do Brasil: potencialidades paisagísticas. 7. ed. São Paulo: Ateliê Editora, 2003.

ALCOFORADO-FILHO, F. G.; SAMPAIO, E. V. S. B.; RODA, M. J. N. Florística e fitossociologia de um remanescente de vegetação caducifólia espinhosa arbórea em Caruaru, Pernambuco. *Acta Botânica Brasileira*, v.17, n. 2, p. 287-303, 2003.

ALVES JUNIOR, F. T.; FERREIRA, R. L. C.; SILVA, J. A. A.; MARANGON, L. C.; CESPEDES, G. H. G. Regeneração natural de uma área de caatinga no Sertão Pernambucano, Nordeste do Brasil. *Cerne*, v. 19, n. 2, p. 229-235, 2013.

ANDRADE, L. A.; PEREIRA, I. M.; LEITE, U. T.; BARBOSA, M. R. V. Análise da cobertura de duas fitofisionomias de caatinga, com diferentes históricos de uso, no município de São João do Cariri, Estado da Paraíba. *Cerne*, v. 11, n. 3, p. 253-262, 2005.

BARBOSA, M. D.; MARANGON, L. C.; FELICIANO, A. L. P.; FREIRE, F. J.; DUARTE, G. M. T. Florística e fitossociologia de espécies arbóreas e arbustivas em uma área de caatinga em Arcoverde, PE, Brasil. *Revista Árvore*, v. 36, n. 5, p.851-858, 2012.

BATISTA, F. G.; OLIVEIRA, B. T.; ALMEIDA, M. E. A.; BRITO, M. S.; MELO, R. R.; ALVES, A. R. Florística e fitossociologia de um remanescente florestal da caatinga em Caicó-RN, Brasil. *Revista Desafios*, v. 6, n. 3, 2019.

CALIXTO JÚNIOR, J. T.; DRUMOND, M. A. Estrutura fitossociológica de um fragmento de caatinga sensu stricto 30 anos após corte raso, Petrolina-PE, Brasil. *Revista Caatinga*, v. 24, n. 2, p. 67-74, 2011.

CHAVES, A. M. S.; MELO & SOUZA, R. Identificação de áreas para construção de pirâmides de vegetação através do índice de vegetação pela diferença normalizada. In: PINHEIRO, L. S.; GORAYEB, A. *Geografia Física e as Mudanças Globais*. Fortaleza-CE: Editora UFC, 2019, p. 01-12.

CHAVES, A. M. S.; VIEIRA, A. G. T.; MELO & SOUZA, R. Representação gráfica da vegetação da bacia do riacho São José na porção semiárida do agreste pernambucano. *Revista Espaço E Geografia*, Brasília, v. 26, p. 192-220, 2023.

CHAVES, A. M. S. Dinâmica geocológica e cenários potenciais para conservação da paisagem semiárida na bacia do Riacho São José em Pernambuco. 2021. 353 f. Tese (doutorado em Geografia) – Universidade Federal de Sergipe, São Cristóvão, 2021.

CHAVES, A. M. S.; VIEIRA, A. G. T.; FRANÇA, E. M. S.; SANTOS, E. J.; TEIXEIRA, G. S. S.; SILVA, J. I. S.; MELO & SOUZA, R. Análise dos serviços ecossistêmicos na paisagem semiárida da bacia do Riacho São José, Pernambuco. *Geosaberes*, v. 12, p. 139-158, 2021.

GONZAGA, A. P. D.; MACHADO E. L. M.; FELFILI, J. M.; PINTO, J. R. R. Brazilian Decidua Tropical Forest enclaves: floristic, structural and environmental variations. *Brazilian Journal of Botany*, v. 40, n. 2, 417-426, 2017.

GOTELLI, N. J.; ANDERSON, M. J.; ARITA, H. T.; CHAO, A.; COLWELL, R. K.; CONNOLLY, S. R.; CURRIE, D. J.; DUNN, R. R.; GRAVES, G. R.; GREEN, J. L.; GRYTNES, J.; JIANG, Y.; JETZ, W.; LYONS, S. K.; MCCAIN, C. M.; MAGURRAN, A. E.; RAHBK, C.; RANGEL, T. F.L.V. B.; SOBERÓN, J.; WEBB, C. O.; WILLIG, M. R. Patterns and causes of species richness: a general simulation model for macroecology. *Ecology Letters*, v. 12, n. 9, p. 873-886, 2009.

GOTELLI, N. J.; COLWELL, R. K. Estimating species richness. In: MAGURRAN, A. E.; MCGILL, B. J (org.). *Biological diversity: frontiers in measurement and assessment*. New York: Oxford University Press, 2011. p. 39-54.

HOLANDA, A. C.; LIMA, F. T. D.; SILVA, B. M.; DOURADO, R. G.; ALVES, A. R. Estrutura da vegetação em remanescentes de caatinga com diferentes históricos de perturbação em Cajazeirinhas (PB). *Revista Caatinga*, v. 28, n. 4, p. 142-150, 2015.

MAGURRAN, A. E. *Ecological diversity and its measurement*. New Jersey: Princeton University Press, 1988.

MAGURRAN, A. E. *Measuring biological diversity*. Oxford: Blackwell Science Ltd, 2004.

MARACAJÁ, P. B.; BATISTA, C. H. F.; SOUSA, A. H.; VASCONCELOS, W. E. Levantamento florístico e fitossociológico do extrato arbustivo- arbóreo de dois ambientes na Vila Santa Catarina, Serra do Mel, RN. *Revista de Biologia e Ciências da Terra*, v. 3, n. 2, p. 1-13, 2003.

MARANGON, G. P.; FERREIRA, R. L. C.; SILVA, J. A. A.; LIRA, D. F. S.; SILVA, E. A.; LOUREIRO, G. H. Estrutura e padrão espacial da vegetação em uma área de caatinga. *Revista Floresta*, v. 43, n. 1, p. 83-92, 2013.

MCGILL, B. J.; ETIENNE, R. S.; GRAY, J. S.; ALONSO, D.; ANDERSON, M. J.; BENECHA, H. K.; DORNELAS, M.; ENQUIST, B. J.; GREEN, J. L.; HE, F.; HURLBERT, A. H.; MAGURRAN, A. E.; MARQUET, P. A.; MAURER, B. A.; OSTLING, A.; SOYKAN, C. U.; UGLAND, K. I.; WHITE, E. P. Species abundance distributions: moving beyond single prediction theories to integration within an ecological framework. *Ecology Letters*, v. 10, n. 10, p. 995-1015, 2007.

MELO, A. S. O que ganhamos 'confundindo' riqueza de espécies e equabilidade em um índice de diversidade?. *Biota Neotropica*, v. 8, n. 3, p. 21-27, 2008.

MORENO, C. E. Métodos para medir la biodiversidad. Zaragoza-Espanha: M&T - Manuales y Tesis SEA, 2001.

OLIVEIRA, A. M.; COSTA, D. F. S. Fitossociologia em encosta de ambiente serrano do semiárido (Serra João do Vale – RN/PB). *Revista Equador*, v. 8, n. 2, p.209- 222, 2019.

PIELOU, E. C. Species-diversity and pattern-diversity in the study of ecological succession. *Journal of Theoretical Biology*, v. 10, n. 2, p. 370-383, 1966.

PLA, L. Biodiversidad: inferencia basada en el índice de shannon y la riqueza. *Interciencia*, v. 31 n. 8, 2006. Disponível em: http://ve.scielo.org/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0378-18442006000800008. Acesso em: 13 ago. 2020.

RODRIGUEZ, M. M.; SILVA, E. V.; CAVALCANTI, A. P. B. Geoeologia das paisagens: uma visão geossistêmica da análise ambiental. 6. ed. Fortaleza: Edições UFC, 2022.

SANTANA, J. A. S.; ZACCHARIAS, A. F. S.; SILVA, A. B.; FREIRE, A. S. M.; ZACCHARIAS, E. G. Florística, fitossociologia e índices de diversidade da caatinga em assentamento rural no Rio Grande do Norte, Brasil. *Biodiversidade Brasileira*, v. 11, n. 1, p. 1-13, 2021.

SABINO, F. G. S.; CUNHA, M. C. L.; SANTANA, G. M. Estrutura da vegetação em dois fragmentos de caatinga antropizada na Paraíba. *Floresta e Ambiente*, v. 23, n. 4, p. 487-497, 2016.

SILVA, S. O. Estudo de duas áreas de vegetação da caatinga com diferentes históricos de uso no Agreste Pernambucano. 2009. 83 f. Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais) – Universidade Federal Rural de Pernambuco, Recife, 2009.

SILVA, L. S.; MARTINS, A. R.; GARCIA, T. A. S.; TEIXEIRA, R. S.; SALOMÃO, N. V. Fragmentos de Caatinga são florística e estruturalmente similares?. *Revista Brasileira de Geografia Física*, v. 15, n. 06, p. 3202-3211, 2022.

SMITH, B.; WILSON, J. B. A consumer's guide to evenness indices. *OIKOS*, v. 76, n. 01, p. 70-82, 1996.

SUPERINTENDÊNCIA DO DESENVOLVIMENTO DO NORDESTE. Delimitação do semiárido – 2021: relatório final. Recife: SUDENE, 2021.