



UNIVERSIDADE FEDERAL DE PERNAMBUCO  
CENTRO DE BIOCÊNCIAS  
DEPARTAMENTO DE BOTÂNICA  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM BIOLOGIA VEGETAL

LETÍCIA PEREIRA DOS SANTOS

**DIVERSIDADE E POTENCIAL BIOTECNOLÓGICO DE LIQUENS FRUTICOSOS  
DO PARQUE NACIONAL DO CATIMBAU, PE – BRASIL**

RECIFE

2022

LETÍCIA PEREIRA DOS SANTOS

**DIVERSIDADE E POTENCIAL BIOTECNOLÓGICO DE LIQUENS FRUTICOSOS  
DO PARQUE NACIONAL DO CATIMBAU, PE – BRASIL**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Biologia Vegetal da Universidade Federal de Pernambuco, como requisito parcial para obtenção do título de mestre em Biologia Vegetal. Área de concentração: Ecologia e Conservação

Orientador (a): Prof. Dr. Eugênia Cristina Gonçalves Pereira

Coorientador (a): Dr. Maria de Lourdes Lacerda Buril

RECIFE

2022

Catálogo na Fonte:  
Bibliotecário Bruno Márcio Gouveia, CRB-4/1788

Santos, Letícia Pereira dos  
Diversidade e potencial biotecnológico de líquens fruticosos do Parque Nacional do Catimbau, PE - Brasil / Letícia Pereira dos Santos. - 2022.

82 f. : il.

Orientador: Profa. Dra. Eugênia Cristina Gonçalves Pereira.  
Coorientadora: Profa. Dra. Maria de Lourdes Lacerda Buril.  
Dissertação (mestrado) – Universidade Federal de Pernambuco. Centro de Biociências. Programa de Pós-graduação em Biologia Vegetal, Recife, 2022.

Inclui referências, apêndices e anexos.

1. Líquens. 2. Caatinga. 3. Catimbau (Buíque, PE). I. Pereira, Eugênia Cristina Gonçalves (orientadora). II. Buril, Maria de Lourdes Lacerda (coorientadora). III. Título.

579.7

CDD (22.ed.)

UFPE/CB-2022-109

LETÍCIA PEREIRA DOS SANTOS

**“DIVERSIDADE E POTENCIAL BIOTECNOLÓGICO DE LIQUENS FRUTICOSOS  
DO PARQUE NACIONAL DO CATIMBAU, PE – BRASIL”**

APROVADA EM: 22/02/2022

BANCA EXAMINADORA:

---

Prof. Dr. EUGÊNIA CRISTINA GONÇALVES PEREIRA (Orientador) – UFPE

---

Prof. Dr. IANE PAULA REGO CUNHA DIAS – UEMASUL

---

Prof. Dr. ANDREZZA KARLA DE OLIVEIRA SILVA – UFPE

Dedico aos meus pais, Ana Lúcia e José Ricardo. Exemplos de força, sabedoria, amor e dedicação para com seus filhos.

## **AGRADECIMENTOS**

Agradeço a Deus por me permitir seguir este caminho e por toda a graça que certamente está sobre a minha vida. Sem Ele eu não conseguiria.

Aos meus pais e irmão, sempre dispostos a me ouvir e acalmar. Especialmente minha mãe Ana Lúcia, a qual estive comigo nas tardes angustiantes deste mestrado em meio à pandemia. Quando não sabia o que dizer preparava biscoitos de polvilho, guardarei com muito amor e carinho seu esmero; anseio um dia ser metade do ser humano iluminado que és.

Aos professores que contribuíram e auxiliaram em minha formação até aqui, mesmo que indiretamente. Especialmente às Profas. Eugênia Pereira e a Maria de Lourdes por tantos ensinamentos científicos e conselhos sobre a vida que sem dúvida têm moldado a pesquisadora que me esforço para ser cotidianamente. Assim como Andrezza Karla e Mônica Martins, exemplo de profissionais que muito me inspiram e me ensinam.

Às pessoas que passaram por meu caminho, especialmente os queridos colegas do Laboratório de Geografia Ambiental da UFPE, aos antigos e mais novos amigos que tive o prazer de conviver e me aproximar durante estes dois anos de pesquisa.

Ao Programa de Pós-Graduação em Biologia Vegetal, à UFPE, ao Laboratório de Geografia Ambiental e de Produtos Naturais, pela infraestrutura e suporte oferecido durante todo Mestrado.

Ao Cnpq, pela bolsa de Mestrado concedida.

## RESUMO

O ecossistema Caatinga ocupa um espaço significativo na região Nordeste do Brasil, apresentando grande diversidade em sua fitofisionomia. Neste contexto, o Parque Nacional do Catimbau (PARNA Catimbau) é um exemplo bastante significativo quanto aos atributos desse ambiente. Tendo em vista a extrema relevância da região e buscando contribuir para o conhecimento da liquenobiota do Nordeste, este trabalho teve por objetivo realizar um levantamento das espécies de líquens fruticosos do PARNA Catimbau, identificando também seu potencial biotecnológico. Para tanto, espécimes fruticosos foram previamente coletados na área de estudo e devidamente armazenados foram identificados e analisados quanto a sua morfologia, anatomia e química, através do uso de chaves de identificação, testes de coloração, fluorescência, e cromatografia em camada delgada. Foi realizado posteriormente levantamento das aplicabilidades biotecnológicas mencionadas na literatura para os compostos detectados nas espécies identificadas. Foram analisados 57 espécimes, distribuídos em 3 gêneros e 11 espécies. Dessas, 2 são primeira referência para o Brasil e 4 são novas ocorrências para o semiárido pernambucano. Foram detectados 14 fenóis liquênicos, 13 com atividade biológica confirmada na literatura, sendo os líquens *Ramalina aspera*, *R. complanata*, *R. peruviana*, *R. solediosa* e *Teloschistes flavicans* os mais abundantes e as substâncias ácidos divaricático, fumarprotocetrárico, protocetrárico, salazínico, úsnico e parietina as ocorrentes em maior concentração e, por isso, mais indicados para uso biotecnológico. Dessa forma, o PARNA Catimbau mostra-se como um importante centro de diversidade de líquens fruticosos, tendo em vista os novos registros para a região, além disso, a utilização de seus metabólitos secundários indica avanços consideráveis para a biotecnologia de líquens, sendo a aplicação destes recursos vislumbrando a bioprospecção de metabólitos liquênicos no PARNA Catimbau recomendável.

**Palavras-chave:** Macrolíquens. Caatinga. Compostos bioativos. Nordeste.

## ABSTRACT

The Caatinga ecosystem occupies a significant space in the Northeast region of Brazil, presenting great diversity in its phytophysiology. In this context, the Catimbau National Park (PARNA Catimbau) is a very significant example regarding the attributes of this environment. Considering the extreme relevance of the region and seeking to contribute to the knowledge of the lichen biota of the Northeast, this work aimed to carry out a survey of the species of fruitful lichens in PARNA Catimbau, also identifying their biotechnological potential. For that, fruticose specimens were previously collected in the study area and properly stored were identified and analyzed regarding their morphology, anatomy and chemistry, through the use of identification keys, staining tests, fluorescence, and thin layer chromatography. Subsequently, a survey of the biotechnological applicability mentioned in the literature for the compounds detected in the identified species was carried out. Fifty-seven specimens were analyzed, distributed in 3 genera and 11 species. Of these, 2 are the first reference for Brazil and 4 are new occurrences for the semi-arid region of Pernambuco. Fourteen lichen phenols were detected, 13 with biological activity confirmed in the literature, with the lichens *Ramalina aspera*, *R. complanata*, *R. peruviana*, *R. sorediosa* and *Teloschistes flavicans* being the most abundant and the substances divaricatic, fumarprotocetraric, protocetraric, salazinic, usnic acids. and parietin the ones that occur in higher concentration and, therefore, are more suitable for biotechnological use. In this way, PARNA Catimbau appears as an important center of diversity of fruticose lichens, in view of the new records for the region, in addition, the use of its secondary metabolites indicates considerable advances for the biotechnology of lichens, being the application of these resources envisioning the bioprospecting of lichen metabolites in the recommended PARNA Catimbau.

**Keywords:** Macrolichens. Caatinga. Bioactive compounds. Northeastern.

## SUMÁRIO

|                                                                                                                                                        |           |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------|
| <b>1. INTRODUÇÃO .....</b>                                                                                                                             | <b>9</b>  |
| <b>2. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA .....</b>                                                                                                                  | <b>10</b> |
| 2.1 FLORESTAS TROPICAIS SAZONALMENTE SECAS E O DOMÍNIO<br>FITOGEOGRÁFICO DA CAATINGA .....                                                             | 10        |
| 2.2 PARQUE NACIONAL DO CATIMBAU.....                                                                                                                   | 12        |
| 2.3 LIQUENS .....                                                                                                                                      | 13        |
| <b>2.3.1 Liquens Fruticosos.....</b>                                                                                                                   | <b>14</b> |
| 2.3.1.1 Ramalinaceae C. Agardh (1821).....                                                                                                             | 14        |
| 2.3.1.2 Parmeliaceae Zenker (1827) .....                                                                                                               | 16        |
| 2.3.1.3 Teloschistaceae Zahlbruckner (1898).....                                                                                                       | 18        |
| 2.4 POTENCIAL BIOTECNOLÓGICO DOS LIQUENS .....                                                                                                         | 19        |
| <b>3. METODOLOGIA .....</b>                                                                                                                            | <b>21</b> |
| 3.1 ÁREA DE COLETA .....                                                                                                                               | 21        |
| 3.2 COLETA DO MATERIAL LIQUÊNICO.....                                                                                                                  | 21        |
| 3.3 ANÁLISES MORFOLÓGICA E ANATÔMICA.....                                                                                                              | 22        |
| 3.4 ANÁLISES QUÍMICAS .....                                                                                                                            | 22        |
| <b>3.4.1 Teste de coloração .....</b>                                                                                                                  | <b>22</b> |
| <b>3.4.2 Teste de fluorescência .....</b>                                                                                                              | <b>22</b> |
| <b>3.4.3 Teste de Cromatografia em Camada Delgada (ccd).....</b>                                                                                       | <b>22</b> |
| 3.5 POTENCIAL BIOTECNOLÓGICO.....                                                                                                                      | 23        |
| <b>4. RESULTADOS.....</b>                                                                                                                              | <b>24</b> |
| 4.1 LIQUENS FRUTICOSOS DO PARQUE NACIONAL DO CATIMBAU – PE,<br>NORDESTE DO BRASIL .....                                                                | 24        |
| 4.2 QUÍMICA, POTENCIAL BIOTECNOLÓGICO E BIOATIVIDADE DE ESPÉCIES<br>FRUTICOSAS OCORRENTES NO PARQUE NACIONAL DO CATIMBAU (PERNAMBUCO,<br>BRASIL) ..... | 50        |
| <b>5. CONCLUSÕES .....</b>                                                                                                                             | <b>70</b> |
| <b>REFERÊNCIAS.....</b>                                                                                                                                | <b>71</b> |
| <b>ANEXO I.....</b>                                                                                                                                    | <b>81</b> |
| <b>ANEXO II.....</b>                                                                                                                                   | <b>82</b> |

## 1. INTRODUÇÃO

Encontram-se associadas às paisagens semiáridas diferentes fitofisionomias em função do gradiente topográfico e tipos de solo. Essas são favorecidas por variações climáticas, desde fisionomia xerófitica nas partes mais depressivas, aos cerrados edáficos na interface entre as áreas semiáridas e as áreas úmidas dos brejos de altitude, onde são encontradas as florestas montanas (SANTOS et al., 2014; 2020). Dentre os biomas que ocorrem no Brasil, a Caatinga é o maior da região Nordeste (IBGE, 2004). Sua flora é composta por árvores e arbustos que apresentam espinhos, microfilia e características xerófitas (LEAL et al., 2003). A variação na estrutura e composição das comunidades vegetais está relacionada com os gradientes ambientais, tais como topografia, precipitação, teor de nutrientes e umidade edáfica (TABARELLI et al., 2003).

No contexto dessa variedade fitofisionômica, o Parque Nacional do Catimbau (PARNA Catimbau), em Pernambuco, Nordeste do Brasil, é um exemplo bastante significativo, pois sua abrangência comporta áreas com fitofisionomia de Caatinga, Cerrado edáfico e Mata úmida (SILVA-JÚNIOR, 2018). Estudos sobre a diversidade nessas fitofisionomias vêm sendo conduzidos com ênfase às Angiospermas, mas quando são enfocados outros grupos taxonômicos, a exemplo dos líquens – ecossistema autossustentável formado por um fungo, um arranjo extracelular de um ou mais parceiros fotossintéticos e um número considerado de outros organismos microscópicos, que vivem em associação permanente no seu talo (HAWKSWORTH E GRUBE, 2020) – ainda são constatadas lacunas tanto no levantamento de espécies, como na bioprospecção de substâncias bioativas desses organismos ocorrentes no PARNA Catimbau. A área demonstra ser promissora para este tipo de estudo, visto que já foram encontradas 24 espécies novas de Parmeliaceae (BURIL, 2015) e 15 novas espécies de líquens corticícolas crostosos (LIMA, 2013), além de novas referências para Pernambuco. Em virtude de a Caatinga apresentar áreas atingidas em diferentes níveis pela degradação ambiental e perigo iminente de extinção das espécies, sobretudo endêmicas, o conhecimento da riqueza da liquenobiota, com metabólitos potencialmente bioativos, torna-se de extrema

relevância. Quando o assunto enfoca a contribuição para o conhecimento da biota líquênica de uma área protegida, ratifica-se tal relevância.

Dessa forma, o objetivo deste trabalho foi realizar um levantamento das espécies de líquens fruticosos do Parque Nacional do Catimbau, Pernambuco, Brasil e identificar seu potencial biotecnológico. Espera-se contribuir para um maior conhecimento da liquenobiota regional e do potencial biotecnológico, visto que espécies líquênicas apresentam importante papel ecológico, acrescentando à riqueza dos recursos naturais.

## **2. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA**

### **2.1 FLORESTAS TROPICAIS SAZONALMENTE SECAS E O DOMÍNIO FITOGEOGRÁFICO DA CAATINGA**

As florestas tropicais sazonalmente secas (FTSS) estão distribuídas na América Latina e no Caribe e, são consideradas altamente ameaçadas, com menos de 10% de sua extensão original remanescente em muitos países (DRYFLOR et al., 2016). Nessa perspectiva, segundo Miles et al. (2006), cerca de 300.000 km<sup>2</sup> dessas florestas estão distribuídas em forma de área protegida. Apesar das FTSS serem, por definição, bem adaptadas às condições de aridez e às secas episódicas, uma revisão sobre as consequências das alterações climáticas nas FTSS, realizada por Allen et al. (2017), sugere que o aumento da frequência e intensidade das secas em FTSS provavelmente alterará a distribuição de espécies e os processos ecossistêmicos.

No Brasil, as FTSS, conhecidas como Domínio Fitogeográfico da Caatinga (DFC), estão inseridas na região semiárida, principal ecorregião semiárida tropical da América do Sul, compreendendo uma área de aproximadamente 912.000 km<sup>2</sup>, que abriga uma população de 27 milhões de pessoas, sendo classificada como a região semiárida mais populosa do mundo (ANDRADE et al., 2020) e representada como uma região de grande heterogeneidade, onde estudos fitogeográficos mostram que a flora presente nas superfícies sedimentares é diferente daquela presente na Depressão Sertaneja (MORO et al., 2016). Abriga cerca de 3150 espécies de plantas, 275 de formigas, 386 de peixes, 548 de pássaros e 183 de mamíferos (SILVA et al., 2017). Os principais grupos de angiospermas são

representados pelas famílias Fabaceae, Euphorbiaceae, Anacardiaceae, Malvaceae e Cactaceae (ANDRADE et al., 2020). Apesar disso, as FTSS estão entre os biomas mais ameaçados do planeta, sendo de extrema relevância sua conservação, tendo em vista sua riqueza em biodiversidade, sobretudo quanto às floras das superfícies cristalinas, sedimentares e de inselbergs que formam grupos distintos, como destaca MORO et al. (2016). Estes autores afirmam ainda que muitas plantas herbáceas são ignoradas em levantamentos florísticos, podendo corresponder a uma grande proporção da biodiversidade vegetal do DFC, correspondendo até cerca de 60% das espécies de algumas áreas.

A Caatinga brasileira ocupa um dos três espaços semiáridos da América do Sul. Este fato se opõe com excepcionalidade ao contexto climático e hidrológico desse continente, que em sua maioria apresenta extensões de terras úmidas, sobretudo o Brasil, que apresenta 92% do seu espaço total dominado por climas úmidos e subúmidos intertropicais e subtropicais, da Amazônia ao Rio Grande do Sul. Devido à magnitude do território brasileiro, há um panorama completo das principais paisagens e ecologias do mundo tropical. Tais paisagens compõem um mosaico paisagístico e ecológico no país. O Brasil tem reconhecidos seis grandes domínios paisagísticos e macroecológicos: Domínio das terras baixas florestadas da Amazônia; Domínio das depressões interplanálticas semiáridas do Nordeste; Domínio dos “Mares de morros” florestados; Domínio dos chapadões centrais recobertos de cerrados e penetrados por florestas-galerias; Domínio dos planaltos de araucárias; e Domínio das pradarias mistas do Rio Grande do Sul. O Nordeste semiárido destaca-se pela ocupação baseada no pastoreio excessivo, apresentando sertanejos vinculados à vida na Caatinga e camponeses típicos (AB’SÁBER, 2007).

Nesta perspectiva, a Caatinga apresenta-se como um mosaico de arbustos espinhosos e florestas sazonalmente secas que cobrem a maior parte dos estados do Piauí, Ceará, Rio Grande do Norte, Paraíba, Pernambuco, Alagoas, Sergipe, Bahia e parte nordeste de Minas Gerais, no vale do Jequitinhonha. Limita-se ao leste e ao oeste pelas florestas Atlântica e Amazônica, respectivamente, e ao sul pelo Cerrado (LEAL et al., 2005). No entanto, apesar da vegetação típica, é possível encontrar junto à Caatinga manchas de Cerrado (SANTOS et al., 2020).

Segundo PRADO (2003) o termo “caatinga” vem de origem Tupi e significa “mata branca”, referindo-se ao aspecto da vegetação durante a estação seca,

quando a maioria das árvores perde as folhas e os troncos esbranquiçados e brilhantes dominam a paisagem, ainda que tal ecossistema mostre-se heterogêneo devido às variações climáticas, edáficas e topográficas, bem como apresenta uma grande riqueza biológica e um elevado índice de endemismo. Ab'Sáber (2007), expõe que a singularidade dos sertões no Nordeste brasileiro mostra-se perceptível em uma tríade básica de características: climática, hidrológica e ecológica; salienta ainda que os atributos do Nordeste seco estão concentrados no tipo de clima semiárido regional, muito quente e sazonalmente seco. Em termos de conservação, pouco mais de 1% da área original do DFC é protegido por Unidades de Conservação de Proteção Integral e 7,5% por Unidades de Conservação de Uso Sustentável (MMA, 2021).

## 2.2 PARQUE NACIONAL DO CATIMBAU

O Parque Nacional do Catimbau (PARNA Catimbau), localizado nos Municípios de Ibimirim, Tupanatinga e Buíque, mesorregião do Sertão pernambucano, tem área aproximada de 62.300 ha. Foi criado em 13 de Dezembro de 2002, tendo em vista o disposto no art. 11 da Lei nº 9.985 de 18 de julho de 2000 que dispõe sobre o Sistema Nacional de Unidades de Conservação da Natureza – SNUC. O objetivo de sua criação foi a preservação dos ecossistemas existentes, possibilitando o desenvolvimento de pesquisas científicas, atividades de educação ambiental e turismo ecológico (SNE, 2002).

O Ministério do Meio Ambiente (MMA, 2020) insere os municípios que compõem o PARNA Catimbau em áreas prioritárias para a conservação da Caatinga e de seus fatores abióticos. Justifica que a área apresenta alto grau de susceptibilidade à desertificação e elevada biodiversidade florística e tensão ecológica, devido especialmente às ações antrópicas. Esse PARNA está inserido no domínio do clima semiárido classificado, segundo Köppen, como BShs', com baixos índices pluviométricos, atingindo uma média anual de 854 mm, com cerca de 60 a 75% das chuvas ocorrendo no período de março/abril até junho/julho (SNE, 2002).

O PARNA apresenta não apenas uma grande biodiversidade como também potencial para estabelecimento de um geoparque, devido a sua riqueza geológica e arqueológica (ICMBIO, 2015; SILVA JUNIOR, 2018).

## 2.3 LIQUENS

Os líquens fazem parte de um grupo diverso que exerce diferentes funções nos ecossistemas. Recentemente, após atualizações (LÜCKING et al., 2017a), o número de espécies liquenizadas foi contabilizado em 19.409 e o número de gêneros, famílias e ordens contendo fungos liquenizados foi contabilizado 1.002, 119 e 40 táxons, respectivamente. Existe uma gama de definições para os líquens; cada conceito criado tem por finalidade descrever os líquens de forma concisa e completa, buscando abranger toda sua complexidade. Nash III (2008) estabelece que estes são organismos simbiossintéticos compostos por um componente fúngico, o micobionte, e um ou mais componentes fotossintéticos, o fotobionte, que na maioria das vezes é alga verde ou cianobactéria. Tanto o fotobionte quanto o micobionte se posicionam de forma sucessiva no talo liquênico. Mark et al. (2020) sugerem que leveduras cistobasidiomicéticas fazem parte dessa associação, tão intimamente associadas à simbiose quanto o parceiro algal. Deste modo, Hawksworth & Grube (2020) redefinem o termo simbiose no líquen, estabelecendo os líquens como um ecossistema autossustentável, formado pela interação de um fungo, um arranjo extracelular de um ou mais parceiros fotossintéticos e um número indeterminado de outros organismos microscópicos. Ressaltam ainda a importância de perceber os líquens como sistemas de parcelas autossustentáveis e adaptáveis, superando a necessidade de propagar debates quanto ao número constante ou imutável de simbiossintéticos essenciais.

No contexto de sua plasticidade, estes organismos servem ainda como habitat para alguns animais e contribuem para ciclagem de nutrientes, com a fixação de nitrogênio pelas cianobactérias associadas (BRUNIALTI & GIORDANI, 2003; GUNNARSSON et al., 2004). Além disso, podem apresentar diferentes hábitos no ambiente em que se encontram; Marcelli (2006) destaca que o talo liquênico não caracteriza grupos taxonômicos, no entanto são importantes para separar os líquens em “tipos” ou “formas”, onde os principais são: Crostoso, que não possui córtex inferior e se adere ao substrato pela medula, costumando ser mais a ele aderido; Areolado, composto por placas denominadas aréolas; Placodióide, apresentando forma típica de roseta, ou seja, com a parte central tida como crostosa, mas com aparência geral de um pequeno talo folioso; Esquamuloso, com talo composto por uma enorme quantidade de pequenas esquâmulas; Folioso, cujo talo apresenta estrutura laminar e dorsiventral (lado de cima e lado de baixo) e não se prende ao

substrato por sua medula; Fruticoso, talo cilíndrico ou achatado, em muitos casos com bastante ramificações, crescendo ereto e perpendicular ao substrato ou pendentes de rochas, troncos e galhos de árvores; Filamentoso, constituído de fios muito finos, perceptíveis a olho nu e, costuma apresentar textura aveludada ao tato; Composto ou Dimórfico, no qual o líquen começa a desenvolver um talo primário, crostoso ou esquamuloso, e depois desenvolve um talo secundário, fruticoso. Visto a diversidade de formas de crescimento, este trabalho terá enfoque nos gêneros de líquens fruticosos *Ramalina*, *Usnea* e *Teloschistes*. Estes grupos incluem apenas os líquens de forma fruticosa propriamente dita, excluindo os líquens compostos ou dimórficos, que apresentam talo secundário fruticoso.

### 2.3.1 Líquens Fruticosos

Os líquens fruticosos são considerados os mais derivados; isso inclui talos dimórficos, achatados com lobos alongados e microfruticosos (APTROOT et al., 2018). No que se refere a essa diversidade, são encontradas na área de estudo as famílias Ramalinaceae, Parmeliaceae e Teloschistaceae, abordadas a seguir.

#### 2.3.1.1 Ramalinaceae C. Agardh (1821)

Ramalinaceae C. Agardh é a quarta maior família de ascomicetos formadores de líquen, com 42 gêneros e 913 espécies (LÜCKING et al., 2017b). Apresenta membros com fotobionte do gênero *Chlorococcus* e *Trebouxia*; sua forma de crescimento é variável entre as espécies, cuja maioria apresenta talos crostosos e esquamulosos, sendo nos hábitos corticícola e saxícola onde há maior representatividade de espécies, entretanto, em alguns gêneros é possível encontrar espécies de talos fruticosos e foliosos; historicamente, o processo de identificação baseava-se, sobretudo em caracteres morfológicos como forma de crescimento, septação do ascósporo, bem como sua ecologia, atualmente este processo relaciona-se mais através das relações filogenéticas e evolução de caracteres morfológicos e anatômicos (KISTENICH et al., 2018).

Os membros desta família habitam uma gama de habitats, sendo globalmente distribuídos, abrangendo desde zonas climáticas do ártico até o temperado e tropical, ocorrendo conseqüentemente em ambientes tanto úmidos quanto secos (LÜCKING et al., 2017b). Ramalinaceae, como atualmente é reconhecida, foi

descrita originalmente por Agardh em 1821 como *Ramalinae*, na qual, segundo Kistenich et al. (2018), incluíam-se os gêneros *Sphaneronphoron* (atual *Sphaerophorus*, Sphaerophoraceae), *Rocella* (Rocellaceae), *Evernia* (Parmeliaceae), *Dufourea* (Teloschistaceae), *Alectoria* (Parmeliaceae), *Ramalina* (Ramalinaceae), *Cornicularia* (Parmeliaceae) e *Usnea* (Parmeliaceae). No entanto, em 1929, Watson excluiu os gêneros supracitados, descritos por Agardh e atualizou o termo *Ramalinae* para *Ramalinaceae*.

O gênero *Ramalina* Ach., objetivo desta pesquisa, foi registrado pela primeira vez no Brasil em 1833; nesse momento ainda não reconhecido como *Ramalina*, mas sim *Parmelia denticulata* Eschw, conforme descrito por Eschweiler (1833) para espécime encontrado às margens do rio Amazonas – atualmente *Ramalina denticulata* (Eschw.) Nyl. As espécies de *Ramalina* apresentam talo fruticoso com característica cespitosa ao longo de talos pendentes, que podem atingir mais de dois metros de comprimento (Aptroot & Bungartz 2007). A parte interna do talo pode ser completamente preenchida por uma camada medular sólida, ou apresentar a parte interna completamente oca, formando assim talos fistulosos (Krog & Swinscow 1974). Os ramos variam de achatados a cilíndricos, podem ser simples (únicos), ou apresentar divisão desde irregular à dicotômica, às vezes irregularmente dicotômica ou tricotômica (mais rara); algumas espécies podem apresentar a superfície estriada, escrobiculada ou foveolada; pseudocifelas variam de puntiformes, orbiculares, elipsoides até longo lineares (pode estar presentes em todo o talo ou restritas a margem, distribuídas de modo conspícuo com muitas pseudocifelas ao longo do ramo, ou inconspícuo em poucos locais dos ramos); a produção dos sorédios se dá nos sorais ou diretamente na medula exposta. Os sorais podem ocorrer de modo uniforme em todo o talo ou então em locais delimitados, como por exemplo, nas margens ou ápice dos ramos secundários; os picnídios e ostíolos variam em coloração, de pálida quase incolor a negra, de esférico a hemiesférico. Distribuem-se pelos ramos, geralmente na porção terminal; conídios hialinos; os apotécios podem ser curto-pedicelados ou sésseis, distribuem-se sobre todo o ramo (laminal), apenas na margem (marginal/lateral), no ápice dos ramos (terminal) ou pouco abaixo do ápice (subterminal) (KASHIWADANI & KALB 1993).

Apesar da grande extensão e importância do ponto de vista ecossistêmico da região Nordeste, poucos são os estudos para o gênero *Ramalina*, restringindo-se a

Kashiwadani & Kalb (1993) que citaram as espécies *R. aspera* Räsänen, *R. cochlearis* Zahlbr., *R. complanata* (Sw.) Ach., *R. gracilis* (Pers.) Nyl., *R. solediosa* (B. de Lesd.) Landrón e *R. usnea* (L.) R. Howe na Bahia, e *R. peruviana* Ach., *R. solediosa* e *R. subpollinaria* Nyl. em Pernambuco. Antes do trabalho de Kashiwadani & Kalb (1993), os únicos registros foram feitos por Nylander (1870) que descrevia *R. rectangularis* Nyl. para Bahia, Müller Argoviensis (1891) relatando *R. dendriscoides* Nyl., *R. solediantha* Nyl. e *R. subpollinaria* para Pernambuco, e Malme (1934) que cita *R. bicolor* Müll. Arg. [= *R. gracilis*] para a Bahia. Após o trabalho de Kashiwadani & Kalb (1993), uma atualização para 4 Estados do Nordeste (Alagoas, Bahia, Sergipe e Pernambuco) foi realizada por Gumboski (2016), o qual pôde identificar seis espécies, todas crescendo em troncos ou galhos na vegetação de Cerrado (*R. aspera*, *R. complanata*, *R. peruviana*, *R. solediosa* e *R. subpollinaria*) e Caatinga (*R. aspera*, *R. complanata*, *R. peruviana*, *R. subpollinaria* e *R. usnea*), sendo duas para Pernambuco (*R. aspera* e *R. complanata*).

#### 2.3.1.2 Parmeliaceae Zenker (1827)

A família Parmeliaceae Zenker (1827) inclui aproximadamente 2726 espécies descritas, distribuídas em 79 gêneros (THELL et al., 2012). Parmeliaceae apresenta como fotobionte a alga verde *Trebouxia*; sua morfologia é composta de talo folioso, subcrostoso ou fruticoso, lobado, heterômero, corticado em ambas as superfícies, usualmente com rizinas no lado de baixo, ocasionalmente com hápteros, rizohifas ou hipotalo, ou raramente sem estruturas de fixação no lado inferior, marrom a negro, cinza a verde ou verde amarelado a amarelo; córtex de hifas periclinais a raramente anticlinais; córtex superior com epicórtex com ou sem poros; medula densa, normal ou frouxa; ascoma lecanorino, séssil a pedicelado, mais raramente imerso, laminal a menos frequente marginal; excípulo talino concolorido ao talo; asco amiloide; ascósporos simples, frequentemente pequenos, hialinos; coniodioma do tipo picnídio, imerso a menos frequente emerso, marginal ou laminal, piriforme, marrom ou negro; ostíolo usualmente negro, raramente marrom ou marrom claro; conídios geralmente surgindo lateralmente de hifas conidiogênicas, ou raramente terminais, cilíndricos a baciliformes, bifusiformes, fusiformes, sublageniformes, unciformes, filiformes ou curvados (ELIX 1994).

Para a região Nordeste, são poucos os estudos taxonômicos que buscam compreender a diversidade e abundância desta família, sendo 57 espécies relatadas por Barros & Xavier-Filho (1972), 7 espécies por Nash *et al.* (1995) e 20 espécies por Pereira *et al.* (2005) para a região de Alagoas, Pernambuco e Paraíba, respectivamente. Mais recentemente, 72 espécies, sendo 24 novas relatadas por Buril (2015) para Pernambuco. Além desses, para a Região Tocantina (Maranhão e Tocantins), Cunha (2012) contribui com 69 espécies, das quais 23 são novos registros para a ciência.

O gênero *Usnea* Will. ex. Adans., objetivo desta pesquisa, está entre os gêneros de macrolíquens de ocorrência mais abundante, sendo comuns nas regiões tropicais (GERLACH *et al.*, 2020). Caracterizam-se por apresentar talo fruticoso, cespitoso a penduloso, ramos com eixo central cartilaginoso (cordão condroide) e presença de ácido úsnico no córtex (TRUONG *et al.* 2011). Segundo Clerc (1998), a extensa plasticidade dos caracteres morfológicos, em resposta aos parâmetros ambientais, é o grande desafio para taxonomia do gênero.

Em atualização para o gênero *Usnea*, Gerlach *et al.*, (2017) apresentaram dezessete espécies de *Usnea* apoteciadas arbustivas cortícolas sem propágulos vegetativos para o Brasil, sendo cinco dessas espécies novos registros para a ciência: *Usnea aurantiaca-parvula* A. Gerlach & P. Clerc (caracterizado por uma medula laranja e fibrilas de espínulos lageniformes), *U. cirrosa* Motyka, *U. cladocarpa* Fée (sin. nov.: *U. ramillosa* Motyka), *U. concinna* Stirton (lectótipo designado no trabalho citado, sin. nov.: *U. radiata* Stirton, *U. florida* var. *scabrosa* Zahlbr.), *U. cristatula* Motyka, *U. erinacea* Vain., *U. fleigiae* A. Gerlach & P. Clerc (caracterizado por grandes esporos e uma medula fina e frouxa), *U. grandispora* A. Gerlach & P. Clerc (caracterizado por grandes esporos, base preta e protocetrário ou ácidos salazínicos na medula), *U. kalbiana* P. Clerc & A. Gerlach (caracterizado por um córtex vítreo e fissuras anulares na parte basal), *U. lunaria* Motyka, *U. meridionalis* Zahlbr. (sin. nov.: *U. michauxii* I.I. Tav.), *Usnea* cf. *moreliana* Motyka, *U. parvula* Motyka, *U. steineri* Zahlbr, *U. subelegans* (Vain.) B. de Lesd. (lectótipo designado no trabalho citado), *U. subparvula* A. Gerlach & P. Clerc (caracterizado por fibrilas espinulosas e ácido protocetrário na medula). Das quais, *Usnea cirrosa*, *U. cristatula* e *U. erinacea* são novos registros para o Brasil.

### 2.3.1.3 Teloschistaceae Zahlbruckner (1898)

Teloschistaceae Zahlbr. é uma das maiores famílias de fungos liquenizados (ARUP et al., 2013, LÜCKING et al., 2017a), com cerca de mil espécies (NAYAKA et al., 2018). Apesar de sua diversidade no Brasil, alguns gêneros bastante conhecidos, como *Xanthoria* (Fr.) Th. Fr., 1860, são encontrados com menos facilidade (SPIELMANN et al., 2021). Os membros da família Teloschistaceae são facilmente reconhecidos pela presença frequente de antraquinonas, conferindo-lhes uma coloração laranja a amarela (K+ roxo; SANTESSON 1970, ARUP et al., 2013). São cosmopolitas, encontrados na maioria dos habitats xéricos e méxicos, incluem formas de talos que variam de fruticosa a crostosa; seu fotobionte pertence à alga verde *Trebouxia* ou seus gêneros relacionados; os apotécios geralmente têm margens talinas bem desenvolvidas (GAYA et al., 2008).

A taxonomia tradicional dentro desta família foi baseada em características vegetativas do talo, como forma de crescimento e presença/ausência de um córtex inferior, assim como na composição de substâncias secundárias (SØCHTING & LUTZONI, 2003). A princípio, os ascósporos polariloculares foram pensados para ser uma característica diagnóstica para esta família, mas com a inclusão de outros gêneros como *Cephalophysa*, *Fulgensia* e *Xanthopeltis*, que possuem esporos simples ou septados, as principais características que definem a família tiveram que ser reconsideradas (GAYA et al., 2008).

O gênero *Teloschistes* Norman. é caracterizado por apresentar talo fruticoso ou subfruticoso, cespitoso ou pendente, achatado ou semiachatado, ricamente ramificado, muitas vezes com fibrilas ou cílios marginais. Lado superior amarelo alaranjado (contendo parietina, K+ roxo) a cinza, raramente sorediado, sem isídios verdadeiros, máculas ou pseudocifelas; parte inferior frequentemente mais pálida, sem rizinas. Fotobionte verde, *Trebouxia*. Apotécio lateral ou terminal, principalmente séssil, lecanorino, disca frequentemente côncavo, vermelho alaranjado a amarelo, margens inteiras, às vezes fibriladas; ascósporos hialinos, elipsoides, polaribiloculares (quadriloculares em *T. hypoglaucus*) (ALMBORN, 1989).

Alguns autores defendem que a utilização de ferramentas moleculares inovou a forma de identificação das espécies liquênicas, consequentemente levando a um melhor entendimento de dados taxonômicos; o que é possível observar na

delimitação de espécies e estrutura filogenética desta família (GAYA et al., 2008; BUNGARTZ et al., 2020). Nesta perspectiva, o primeiro estudo de análise filogenética foi realizado por Arup et al. (2013), que apresentaram um parecer filogenético de uma grande parcela desta família, incluindo um total de 337 espécies; nele se propuseram as subfamílias Caloplacoideae, Xanthorioideae e Teloschistoideae, onde esta última acomoda o gênero *Teloschistes*. Após reclassificação filogenética de Teloschistaceae, Wilk et al. (2021) comentam que representantes sul-americanos se mostram pertencentes às subfamílias Xanthorioideae e Teloschistoideae; esses autores contribuem ainda com a inclusão de três novos gêneros para esta subfamília: *Andina*, *Aridoplaca* e *Cinnabaria*, com as espécies-tipo *Andina citrinoides*, *Aridoplaca peltata* e *Cinnabaria boliviana*, respectivamente. Por fim, através de uma revisão criteriosa da subfamília Brownlielloideae, confirmaram que este é um táxon artefato baseado em um conjunto de dados “quiméricos”, com o gênero tipo sendo parte de Teloschistoideae. Em outras atualizações para esta família, Bungartz et al. (2020), em análise filogenética, relatam para as Ilhas Galápagos quatro novos gêneros: *Lacrima*, *Oceanoplaca*, *Phaeoplaca*, *Sucioplaca* e vinte e quatro espécies, das quais dez são novos registros para a ciência: *Caloplaca nigra*, *Lacrima galapagoensis*, *Oceanoplaca chemoisidiosa*, *O. sideritoides*, *Phaeoplaca tortuca*, *Squamulea chelonina*, *S. humboldtiana*, *S. osseophila*, *S. oceanica* e *Xanthomendoza leoncita*. Os autores ressaltam ainda que para *Teloschistes*, as únicas espécies encontradas são *T. chrysophthalmus* e *T. flavicans*. Quanto a sua química, segundo Nayaka et al. (2018) a parietina é o pigmento mais comum encontrado na família. Além disso, é o principal metabólito secundário que confere cor laranja amarelada ao talo e apotécio (MISHRA et al., 2020).

## 2.4 POTENCIAL BIOTECNOLÓGICO DOS LIQUENS

Segundo Huneck e Yoshimura (1996), os líquens produzem cerca de 800 metabólitos que exercem uma ampla variedade de ações biológicas que são únicos em relação aos produzidos pelas plantas (NAYAKA et al., 2018). Estes autores ressaltam ainda que as atividades biológicas dos líquens são derivadas principalmente desses metabólitos secundários, mas apesar disso o potencial terapêutico e farmacêutico é de comprovada eficácia para diversos metabólitos.

Müller (2001) realiza uma revisão de alguns metabólitos farmacologicamente relevantes, ressaltando a importância da aplicabilidade desses ácidos. No que se refere às espécies brasileiras, Martins et al., (2021) ressaltam a importância dos compostos liquênicos, destacando que eles funcionam como protetores do talo contra a radiação ultravioleta (UVA e UVB), aos extremos de temperatura (frio e calor) e a ataques de predadores como insetos, parasitas, invertebrados e microrganismos, apresentando atividade biológica sobre fungos patogênicos. Estes dados corroboram ainda mais para a importância e potencialidade de espécies de líquens do Brasil e, em particular da região Nordeste.

Nesta perspectiva destaca-se a biotecnologia, que compreende o estudo e desenvolvimento de técnicas e procedimentos que envolvem organismos vivos com objetivo de melhorá-los e/ou adequá-los a distintos condicionantes, que envolvem adaptação e resistência a fatores ambientais até o aumento da produtividade (CÓRDOBA et al., 2006). Continuamente, pesquisadores contribuem para o conhecimento do potencial bioativo dos líquens. Como exemplo, destaque para: Tigre & Rodrigues (2012), que investigaram o potencial alelopático de substâncias liquênicas; Maia et al. (2012) que contribuíram com informações de líquens como fonte de produtos com potencial farmacológico; Martins et al. (2012) com o biomonitoramento da qualidade do ar utilizando líquens; Silva (2016) com a utilização para fitorremediação do solo, promovendo a descontaminação de áreas; Lima (2017) que utiliza extrato orgânico de *C. substellata* associado à matéria orgânica para biorremediação de Neossolo Flúvico degradado pela salinização.

Córdoba et al. (2006) afirmam que procedimentos biotecnológicos têm proporcionado resultados promissores no campo da biotecnologia de líquens, sobretudo revelado interessantes atividades biológicas e farmacológicas. Muitos dos compostos sintetizados pelos líquens incluem depsídeos, depsídonas, ácidos úsnicos, dibenzofuranos, xantonas, antraquinonas, derivados de ácido pulvínico e ácidos alifáticos (HUNECK & YOSHIMURA, 1996). Como destacam Esimone et al., (2009), os metabólitos secundários dos líquens exibem propriedades antimicrobianas, antioxidantes, anti-inflamatórias, citotóxicas, analgésicas, antipiréticas e antivirais; além desses, os efeitos inseticidas mostram-se positivos ao utilizar metabólitos secundários de líquen (principalmente ácido úsnico) (MUHORO et al., 2021).

Em estudo realizado por Aoussar et al. (2020), pôde-se investigar o câncer de próstata humano, carcinoma hepatocelular humano e linhas de células de câncer de ovário de hamster em relação ao potencial citotóxico, antioxidante antibacteriano dos extratos de *Evernia prunastri*, *Ramalina farinacea* e *Pseudevernia furfuracea*, onde constatou-se que estes líquens exibem importante efeito biológico. Sanjaya et al. (2020) identificaram os potenciais compostos responsáveis pela atividade antileucêmica do líquen *Teloschistes flavicans*. Constatou-se que a depsidona flavicansona possui ação inibitória mais significativa contra a proliferação das células cancerígenas. Jovanović et al. (2021) apresentaram resultados que indicam o ácido úsnico com potencial para inibir as proteínas funcionais do SARS-CoV-2; corroborando na compreensão de que os líquens representam uma fonte esperançosa de produtos naturais para a pesquisa de novas moléculas bioativas de interesse farmacêutico.

Desta forma, pesquisas com enfoque em conhecer a flora liquênica são imprescindíveis para a bioprospeção de substâncias biologicamente ativas e uso racional destes compostos.

### **3. METODOLOGIA**

#### **3.1 ÁREA DE COLETA**

Foram selecionadas áreas representativas do semiárido nordestino, tomando o Parque Nacional do Catimbau como referência.

#### **3.2 COLETA DO MATERIAL LIQUÊNICO**

Foram analisados materiais já coletados previamente, reduzindo o número de visitas a campo, segundo Brodo et al. (2001), Fleig (1997) e Hale (1983) com adaptações. Cada amostra teve sua localização registrada por GPS, para posterior estudo de distribuição no Parque e mapeamento de biodiversidade (Soares, 2005), fotografada e catalogada para registro no Herbário UFP do Depto. de Botânica da Universidade Federal de Pernambuco.

### 3.3 ANÁLISES MORFOLÓGICA E ANATÔMICA

Foi usada lupa para observação da presença ou ausência, forma, localização e abundância de estruturas como: cílios, fibrilas, apotécios, máculas, sorédios, isídios e picnídios. Para observação das estruturas anatômicas o material foi cortado à mão livre e os cortes observados sob microscópio óptico para identificação das estruturas internas como: fotobionte, cor e rigidez da medula, septação, quantidade e cor dos ascósporos, forma e tamanho dos conidiósporos.

### 3.4 ANÁLISES QUÍMICAS

#### 3.4.1 Teste de coloração

Foram aplicados os testes hidróxido de potássio (K), hipoclorito de cálcio (C) e simultaneamente um sobre o outro (K seguido por C) no córtex e medula do talo liquênico, observando a mudança ou não de cor, o que indicou a presença de substâncias típicas das espécies (Huneck & Yoshimura, 1996).

#### 3.4.2 Teste de fluorescência

Foi realizada a exposição do talo liquênico à lâmpada de ultravioleta (UV 360 nm). A presença ou ausência da fluorescência, bem como a cor adquirida, indicou a presença de ácidos liquênicos.

#### 3.4.3 Teste de Cromatografia em Camada Delgada (CCD)

Extratos orgânicos dos talos foram submetidos à CCD em placas de sílica Gel F<sub>254+366</sub> Merck, desenvolvidas no sistema de solventes B, proporção 5:4:1 (N-Hexano/ Éter Etílico/ Ácido Fórmico) e C, proporção 85:15 (Tolueno/ Ácido Acético). As placas foram reveladas sob luz UV curta e longa, posteriormente pulverizadas com ácido sulfúrico a 10%, e aquecidas a 100°C por 1h. Os resultados foram avaliados mediante valores de R<sub>f</sub> e coloração das bandas reveladas (Culberson, 1972).

### 3.5 POTENCIAL BIOTECNOLÓGICO

A partir dos resultados das análises químicas, foram identificados os compostos fenólicos produzidos por cada espécie. Esses foram relacionados à atividade que exercem, segundo dados da literatura.

## 4. RESULTADOS

### 4.1 LIQUENS FRUTICOSOS DO PARQUE NACIONAL DO CATIMBAU – PE, NORDESTE DO BRASIL

Manuscrito a ser submetido à Fungal Biology



Editora Elsevier (<http://www.journals.elsevier.com/fungal-biology/>)

Fator de impacto: 3.099

## Líquens fruticosos do Parque Nacional do Catimbau – PE, Nordeste do Brasil

Letícia Pereira dos SANTOS<sup>1</sup>, Maria de Lourdes Lacerda BURIL<sup>2</sup>, Eugênia C. PEREIRA<sup>1,2</sup>

1- Programa de Pós-Graduação em Biologia Vegetal, Universidade Federal de Pernambuco – UFPE, Rua Professor Moraes Rego, 1235. Cidade Universitária, Recife/PE, Brasil, CEP 50.670-901, e-mail: lpsantos@hotmail.com

2- Programa de Pós-Graduação em Geografia, Departamento de Ciências Geográficas, Universidade Federal de Pernambuco – UFPE, Av. Professor Moraes Rego, 1235. Cidade Universitária, Recife/PE, Brasil, CEP 50.670-901, e-mail para correspondência: lou.lacerda@gmail.com, verticillaris@gmail.com

### RESUMO

Foram encontradas no Parque Nacional do Catimbau, Pernambuco, Nordeste do Brasil, sete espécies do gênero *Ramalina*, um de *Teloschistes* e três de *Usnea*. Esses fungos liquenizados encontram-se concentrados principalmente na face sudeste do Parque, inclusive ocorrendo na zona de amortecimento, sujeita aos maiores impactos antrópicos. Dentre as espécies registradas, duas são primeira referência para o Brasil (*U. nodulosa* e *U. undulata*), uma primeira referência para as regiões Norte e Nordeste do país (*R. dendriscoides*) e duas para o estado de Pernambuco (*R. dendriscoides* e *U. florida*).

Palavras-chave: *Usnea*, *Teloschistes*, *Ramalina*, caatinga.

### ABSTRACT

In the Catimbau National Park, Pernambuco, Northeastern Brazil, seven species of the genus *Ramalina*, one of *Teloschistes* and three of *Usnea* were found. These lichenized fungi occur mainly on the southeastern face of the Park, even occurring in the buffer zone, subject for greater anthropogenic impacts. Among the species assigned, two are first references for Brazil (*U. nodulosa* and *U. undulata*), one first reference for the Northern and Northeastern regions (*R. dendriscoides* and *R. usnea*) and two for Pernambuco state (*R. dendriscoides* and *U. florida*).

Keywords: *Usnea*, *Teloschistes*, *Ramalina*, caatinga.

### INTRODUÇÃO

O Brasil vem sendo apontado como o país com a maior biodiversidade de líquens do planeta (Cáceres & Aptroot, 2017). Fairchild et al., (2012) explicam essa riqueza em ambientes e espécies como diretamente relacionadas à geomorfologia do país, que é geologicamente antiga (Pré-Cambriano), em contraste com as

regiões temperadas, alpinas, boreais e árticas, onde a maioria dos líquens foram exauridos por várias eras glaciais sucessivas; além disso, os autores relacionam esta riqueza e diversidade ao fato dos ambientes estarem próximos ao Equador e a faixa intertropical, regiões que apresentaram intervalos glaciais mais amenos, que os observados em altitudes médias e altas.

Por este motivo, Cáceres & Aptroot (2017) acreditam que grande parte desta diversidade permanece inexplorada. Devido à magnitude do território brasileiro, há um panorama completo das principais paisagens e ecologias do mundo tropical, compondo um mosaico diversificado (AB'SÁBER, 2007). O Brasil tem reconhecidos seis grandes domínios paisagísticos e macroecológicos, dentre eles, o Domínio das Depressões Interplanálticas Semiáridas do Nordeste, ou semiárido, onde predomina o bioma Caatinga (AB'SÁBER, 2007). Destaca-se pela configuração social e econômica baseada principalmente na agricultura; Guilhermino et al. (2019) destaca que esta é a região mais ruralizada do Brasil, onde encontra-se 32% do comércio agropecuário Brasileiro, o que, segundo os autores, totaliza 1,6 milhões de propriedades, 75% delas com no máximo 20 hectares.

O Parque Nacional do Catimbau (PARNA Catimbau) está inserido no bioma Caatinga e exhibe diferentes fisionomias, em função da topografia. Estudos de Buril (2015) e Lima (2013) apontam para uma diversidade de espécies, inclusive novas para a ciência e/ou novas referências para o país ou Pernambuco. Assim mesmo, lacunas ainda são evidentes no levantamento de espécies dessa área, cujo endemismo é relevante e, por se tratar de uma área protegida por lei federal.

Portanto, tendo em vista a extrema relevância da região e, buscando contribuir para o conhecimento da liquenoflora do Nordeste, este trabalho tem por objetivo realizar um levantamento das espécies de líquens fruticosos do Parque Nacional do Catimbau – PE, Brasil.

## **MATERIAIS E MÉTODOS**

Foram selecionadas áreas representativas do semiárido nordestino, tomando o Parque Nacional do Catimbau (fig. 1) como referência.

Líquens fruticosos corticícolas foram coletados e preparados conforme Brodo et al. (2001) e Hale (1983), com análises morfológicas posteriores efetuadas sob microscópios estereoscópico e óptico.

A verificação da presença de metabólitos secundários de importância taxonômica foi efetuada através de testes de "spot" com os reagentes K (hidróxido de potássio, solução saturada em água), C (hipoclorito de sódio comercial), KC (teste K seguido de teste C). Além disso, foram utilizadas luz ultravioleta (teste UV) e cromatografia em camada delgada (CCD) em sistemas de solventes B, proporção 5:4:1 (N-Hexano, Éter dietílico, Ácido Fórmico) e C, proporção 85:15 (Tolueno, Ácido Acético), conforme Huneck & Yoshimura (1996) e Bungartz (2001).

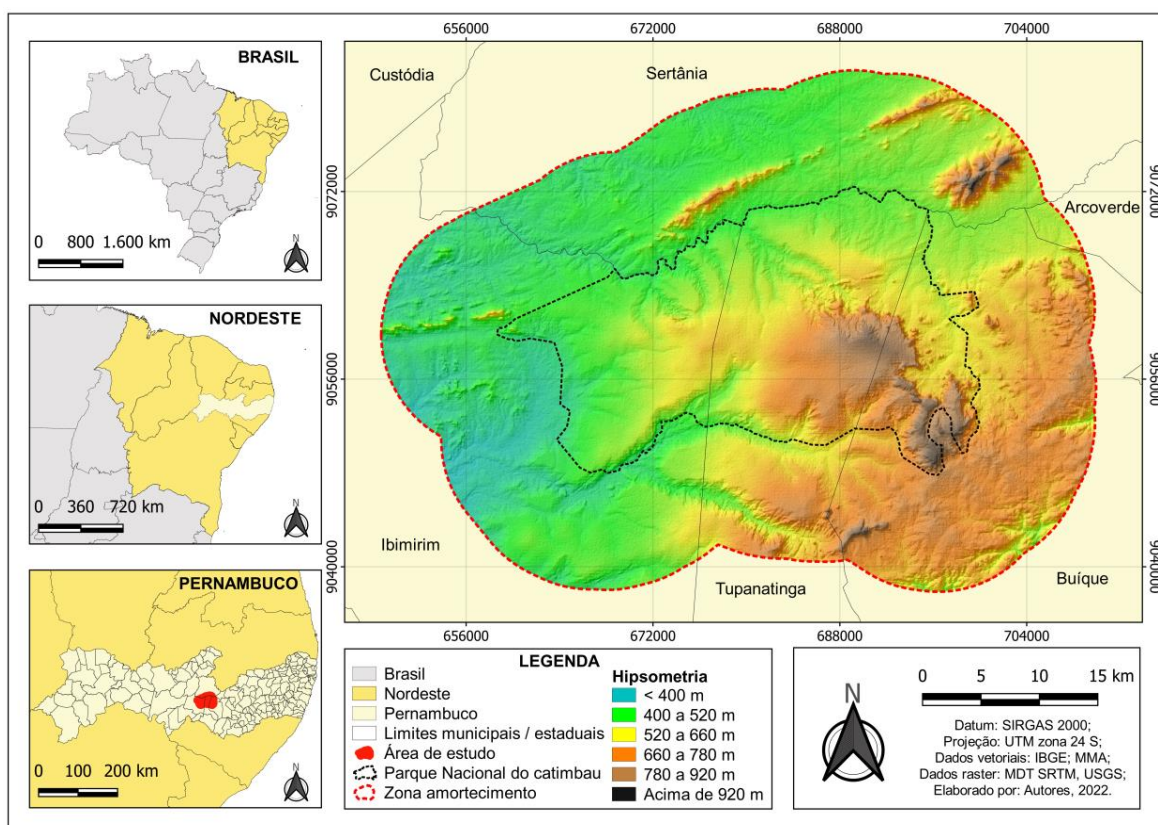


Figura 1: Mapa de localização do Parque Nacional do Catimbau.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

Foram registradas na área de estudo sete espécies de *Ramalina*, uma espécie de *Teloschistes* e três espécies de *Usnea*. Esses fungos liquenizados concentram-se principalmente na face sudeste do Parque, inclusive ocorrendo na sua zona de amortecimento, sujeita aos maiores impactos antrópicos (fig. 2). Esta é a região do Parque de maior diversidade geomorfológica, o que parece estar diretamente ligado com a diversidade e riqueza de espécies.

## Distribuição dos gêneros

Na figura 2 é possível observar que as espécies ocorrem, em sua maioria, na sua face sudeste, região de maior altitude no PARNA. No entanto, o gênero *Usnea* foi também registrado na porção sudoeste e *Ramalina* ao noroeste, ambos no quadrante onde estão registrados os menores índices de hipsometria, ressaltando a plasticidade destes organismos em habitar diferentes substratos e, resistir a diferentes condições microclimáticas.

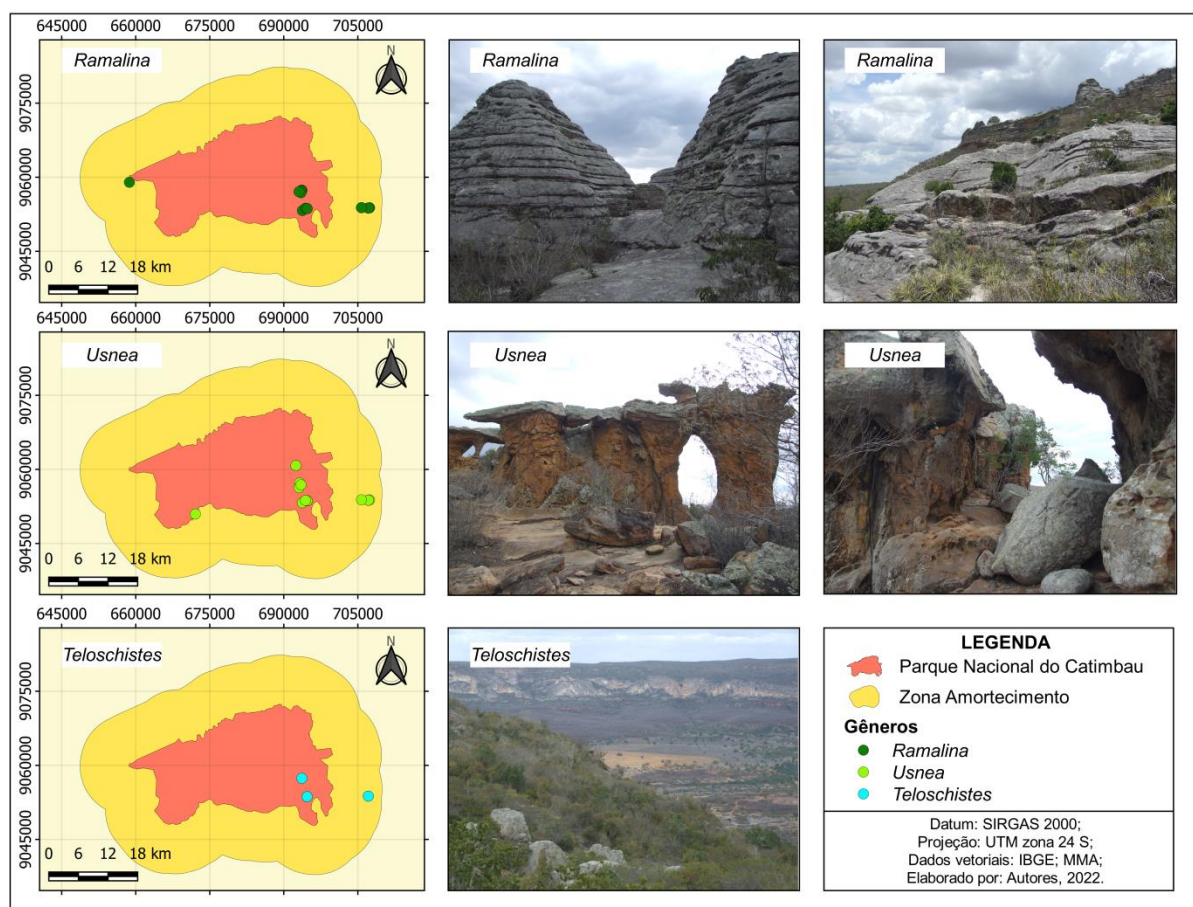


Figura 2: Localização dos gêneros *Ramalina*, *Teloschistes* e *Usnea* no Parque Nacional do Catimbau.

## As espécies

Foram registradas no PARNA Catimbau sete espécies do gênero *Ramalina*, família Ramalinaceae, uma espécie do gênero *Teloschistes*, família Teloschistaceae e três espécies do gênero *Usnea*, família Parmeliaceae. Dentre as espécies, quatro

são novas ocorrências para o semiárido pernambucano e duas foram primeiras referências para o Brasil.

***Ramalina aspera* Räsänen**

Ann. Bot. Soc. Zool. Bot. Fenn. Vanamo 20: 5. 1944.

**Tipo:** Paraguai, Chaco, Rio Verde, Villa Hayes, col. W. G. Herter (H— holótipo).

MB#369881

Fig. 3A

**Distribuição conhecida:** Tropical na América e na África (Krog & Swinscow 1976; Kashiwa Dani & Nash 2004). Raça 1: Brasil: São Paulo. Raça 2: Brasil: Bahia, Rio de Janeiro, Santa Catarina, São Paulo, (Kashiwadani & Kalb 1993). Sergipe, Pernambuco no Município de Alagoinha (E. Gumboski, 2016).

**TALO** corticícola, cespitoso, 2–7 cm comp., ocre em herbário, crescendo a partir de um apressório estreito, concolor, até 4mm diam.; **ramos** de ramificação irregular a di(tri+)cotômica anisotômica; distintamente planos, sólidos, 0,5–3,0 mm larg., superfície irregular rugosa a reticulada, margem ondulada, ápice truncado a arredondado; **pseudocifelas** punctiformes, laminais e marginais, levemente elevadas, podendo ser tuberculadas, 0,1mm diam., 0,1 mm alt.; **máculas** distintas, frequentemente originando pseudocifelas e nas cristas das rugosidades dos ramos; **tecido condroide** descontínuo, não fragmentado, creme; medula branca, unicolorida, densidade normal a levemente frouxa; **PROPÁGULOS SIMBIÓTICOS** ausentes. **APOTÉCIO** subterminal a terminal, 1,0–2,1 mm diam., plano a côncavo, pedicelado; **disco** branco, pruína ausente, recorte fendido até o centro, até 2 fendas, profundidade até 1/5 do raio; **margem** fina, 0,3–0,4mm larg., lisa a crenulada; **anfitécio** relevo rugoso, máculas lineares nas cristas das rugas, pseudocifelas punctiformes nas margens e lâmina do talo; **estipe** 1,0–1,5mm de larg., 0,3–0,5mm alt., relevo longitudinalmente pregueado, maculação ausente ou escassa; **epitécio** 10µm de espessura, hialino a amarelo claro; **himênio** 25µm alt., hialino; **subhimênio** 8µm alt., hialino; **hipotécio** 18 µm amarelo claro, prosoplequitênquimático. **ASCÓSPOROS** elipsoides longos, retos a curvos, hialinos, biloculares, 10µm–16µm comp., 4µm–6µm larg., episporo 2µm. **PICNÍDIOS** ausentes.

**Testes de coloração:** Córtex K+ amarelo, C-, KC+ amarelo ocre; Medula K+ róseo, C+ amarelo, KC+ vermelho.

**Substâncias de importância taxonômica:** Ácido divaricático (majoritário), ácido úsnico (minoritário).

**Material examinado:** Brasil, Pernambuco, Município de Buíque, Parque Nacional do Catimbau, caatinga, em galho, col. M.L.L. Buril 715, 716, 734, 14-VIII-2012 (UFP), idem 1126, 1165, 07-XI-2012.

#### **Comentários:**

*Ramalina aspera* é caracterizada pelo talo cespitoso, pelos ramos planos com superfície irregularmente rugosa, pelas pseudocifelas punctiformes, marginais e laminais, pelo tecido condroide não fragmentado e pela produção de ácido divaricático ou ácido criptocloroféico.

No Brasil, *Ramalina aspera* pode ser confundida com *R. complanata*, não sendo raro crescerem juntas ou próximas. Porém, apesar de semelhantes morfológicamente, *R. complanata* tem ramos planos com superfície estriada, tecido condroide rachado e produção de ácido salazínico com ou sem ácido divaricático (Gumboski, 2016).

#### ***Ramalina celastri* (Spreng.) Krog & Swinscow**

Norwegian Journal of Botany 23 (3): 159. 1976.

**Basiônimo:** *Parmelia celastri* Spreng., Syst. Veg. 4: 328. 1827.

**Tipo:** África do Sul, Cidade do Cabo, Cabo da Boa Esperança, col. C. F. Ecklon (S—holótipo)

MB#343497

Fig. 3B

**Distribuição conhecida:** África (Sprengler, 1827; Krog & Swinscow, 1976), América do Sul. No Brasil: Minas Gerais, Paraná (Kashiwadani & Kalb 1993), Pernambuco no Município de Garanhuns (Nóbrega, 2002), Rio de Janeiro (E. Gumboski, 2016), Rio

Grande do Sul, (Kashiwadani & Kalb 1993), Santa Catarina (E. Gumboski, 2016), São Paulo (Kashiwadani & Kalb 1993).

**TALO** corticícola, cespitoso a penduloso, 2,5–11cm comp., amarelo ocre em herbário, crescendo a partir de um apressório estreito, concolor, até 1mm diam., ; **ramos** de ramificação dicotômica anisotômica a irregular, sólidos, planos, levemente côncavos a canaliculados, lanceolados, 1,0–8,0 mm larg., superfície lisa a sulcada a rugosa longitudinalmente, margem lisa, ápice agudo; **pseudocifelas** distintas, laminais e marginais, elipsoides a mais frequentemente lineares, comumente originando rachaduras na lâmina, planas a depressas, frequentes a abundantes, 0,3–1,5mm comp, 0,5–0,2 mm larg; **tecido condroide** contínuo, não fragmentado, espesso; **medula** branca, unicolorida, densidade normal. **PROPÁGULOS SIMBIÓTICOS** ausentes; **APOTÉCIO** plano, submarginal a marginal, 1,0–2,0 mm diam., pedicelado; **disco** plano a convexo, branco, pruína ausente; **margem** fina, 0,2mm alt., lisa; **anfitécio** liso, não ornamentado; **estipe** 1,0–1,5mm larg. 0,3–0,5mm. compr., máculas ausentes ou escassas; **epitécio** 10µm de espessura, hialino a amarelo claro; **himênio** 20µm compr., hialino; **subhimênio** 10µm compr., hialino; **hipotécio** 20 µm amarelo claro, prosoplequitênquimático. **ASCÓSPOROS** elipsoide longos, retos a curvos, biloculares, hialinos, 8 por asco, 12µm–16µm · 6µm–8µm, episporo 1µm; **PICNÍDIOS** ausentes.

**Testes de coloração:** Córtex K+ amarelo escuro, C-, KC-; Medula K-, C-, KC-.

**Substâncias de importância taxonômica:** Ácido úsnico.

**Material examinado:** Brasil, Pernambuco, Município de Buíque, Parque Nacional do Catimbau, caatinga, em galho, col. M.L.L. Buril 577, 13-VIII-2012 (UFP), idem 655, 14-VIII-2012, idem 986, 17-VIII-2012.

#### **Comentários:**

*Ramalina celastri* é caracterizada pelo talo achatado e ramos lanceolados, pseudocifelas elipsoides a lineares na lâmina, sem produção de propágulos mas com apotécios, e ausência de ácidos medulares.

*Ramalina puggarii* é bastante semelhante devido ao talo com ramos achatados, hábito corticícola, ausência de propágulos e ausência de ácidos medulares. No entanto, *R. puggarii* possui ramos canaliculados, pseudocifelas marginais e ascósporos maiores, com 18–25 µm de comprimento (Kashiwadani & Kalb 1993; Gumboski, 2016).

A espécie *R. prolifera* difere de *R. celastri* por ter ramos mais largos e pela presença de pseudocifelas orbiculares a elipsoides curtas (Kashiwadani & Kalb, 1993).

*Ramalina subfraxinea* se assemelha a *R. celastri*, mas, embora ambas as espécies tenham ramos achatados e lanceolados, *R. celastri* possui pseudocifelas e não produz ácidos medulares. *R. subfraxinea* tem pseudocifelas orbiculares e produz ácido divaricático, homossequicaico e sequicaico (Stevens, 1987)

***Ramalina complanata* (Sw.) Ach.,**

Lichenographia Universalis: 599. 1810.

**Basiônimo:** *Lichen complanatus* Sw. in Ach., K. Vet. Nya. Handl. 18: 290. 1797.

**Tipo:** India occidentalis, Jamaica, Swartz (S—holótipo; H-ACH 1821—isótipo).

MB#403682

Fig. 3C

**Distribuição conhecida:** Tropical na América (Kashiwadani & Kalb 1993). No Brasil: Bahia, Sergipe, Pernambuco (Gumboski, 2016).

**TALO** corticícola, cespitoso, 1–3,5cm comp., amarelo ocre em herbário, estipe estreito, concolor, até 3mm diam.; **ramos** dicotômicos anisotômicos a irregularmente ramificados, sólidos, planos, achatados, 0,5–3,5mm larg., superfície lisa a rugosa estriada, margem lisa, ápice arredondado; **pseudocifelas** elevadas, punctiformes a tuberculadas, laminais, marginais e no anfitécio dos apotécios, 0,02–0,15 mm compr., 0,02–0,10mm larg.; **tecido condroide** descontínuo, levemente fragmentado; **medula** branca, unicolorida, densidade normal; **PROPÁGULOS SIMBIÓTICOS** ausentes; **APOTÉCIO** plano a côncavo, subterminal a terminal, 0,2–3,0mm diam., pedicelado; **disco** plano a côncavo, branco, pruína ausente ou escassa; **margem** fina, 0,025–0,75mm larg., lisa a crenulada; **anfitécio** rugoso e

estriado com pseudocifelas; **estipe** larg 0,5–1,0(–2,0)mm e 0,5mm alt.; **epitécio** 10µm alt., hialino a amarelo claro; **himênio** 20–25µm alt., hialino; **subhimênio** 6–8µm alt., hialino; **hipotécio** 25–30µm alt., amarelo claro, prosoplequitênquimático; **ASCÓSPOROS** bilocular, elipsoide, uniceptado, hialino, 6 por asco, 10µm–16µm comp., · 4µm–6µm larg., episporo 2µm; **PICNÍDIOS** ausentes.

**Testes de coloração:** Córtex K+ amarelo escuro, C-, KC+ amarelo enegrecido; Medula K+ amarelo → vermelho, C+ amarelo fraco, KC+ amarelo.

**Substâncias de importância taxonômica:** Raça 1: Ácidos úsnico, divaricático e salazínico. Raça 2: Ácidos úsnico e salazínico.

**Material examinado:** Raça 1: Brasil, Pernambuco, Município de Buíque, Parque Nacional do Catimbau, caatinga, em galho, col. M.L.L. Buril 638, 13-VIII-2012 (UFP), idem 1149, 1151, idem 1171, 07-XI-2012. 07-XI-2012. Raça 2: Brasil, Pernambuco, Município de Buíque, Parque Nacional do Catimbau, caatinga, em galho, col. M.L.L. Buril 563, 13-VIII-2012 (UFP), 14-VIII-2012, idem 821, 15-VIII-2012, idem 982, 16-VIII-2012, idem 1153, 07-XI-2012.

#### **Comentários:**

*Ramalina complanata* é caracterizada pelos ramos achatados, de superfície lisa a estriada, pelas pseudocifelas elevadas tuberculadas, e pela produção de ácido salazínico com ou sem a produção de divaricático.

Assemelha-se a *Ramalina aspera*, no entanto *R. complanata* apresenta tecido condroide fragmentado e produz ácido homossequicaico e divaricático.

#### ***Ramalina dendriscoides* Nyl.**

*Flora* (Regensburg) 59: 412. 1876.

**Tipo:** Cuba, col. C. Wright, *Lich. Ser.* 2, 738 (37025—lectótipo; FH, G—isótipos).

MB # 403700

Fig. 3D

**Distribuição conhecida:** Américas: Cuba (Nylander, 1876), Brasil. No Brasil: Paraná (Gumboski, 2016), Rio de Janeiro (Kashiwadani & Kalb 1993), Rio Grande do Sul (Gumboski, 2016), Santa Catarina (Gumboski, 2016), São Paulo (Kashiwadani & Kalb 1993).

**TALO** corticícola, cespitoso, 2–4,5cm comp., amarelo ocre em herbário, com estipe negro a concolor, levemente constrito, até 0,4mm diam.; **ramos** dicotômicos anisotômicos a irregulares, sólidos, achatados a um pouco canaliculados, 0,4–1,25mm larg., ramos secundários achatados, poucos sutilmente canaliculados, 0,1–0,4mm larg., superfície contínua, irregularmente rugulosa na face convexa e estriada na face côncava dos ramos proximais, lisa na parte distal, ápice arredondado a truncado, poucos de ápice agudo; **pseudocifelas** elevadas, punctiformes a orbiculares, laminais e marginais, poucas a raras, 0,05–0,1(–0,2) mm comp., 0,05–0,08 mm larg.; tecido condroide descontínuo, fragmentado, denso, creme; **medula** esbranquiçada, unicolorida, de densidade normal, **PROPÁGULOS SIMBIÓTICOS sorais** nos subápices e ápices dos ramos, que se tornam levemente cocleados, orbiculares a irregulares, podendo se expandir para lâmina do ramo terminal, frequentes, erumpentes, geralmente não coalescentes; 0,1–0,5(–0,7) mm comp., 0,1–0,5(–0,7) mm larg. **sorédios** granulosos, abundantes, esbranquiçados; **isídios** e **pústulas** ausentes. **APOTÉCIO** ausente; **PICNÍDIOS** ausentes.

**Testes de coloração:** Córtex K+ amarelo, C-, KC-; Medula K+ amarelo vermelho, C-, KC-.

**Substâncias de importância taxonômica:** Ácido salazínico.

**Material examinado:** Brasil, Pernambuco, Município de Buíque, Parque Nacional do Catimbau, caatinga, em galho, col. M.L.L. Buril 990, 17-VIII-2012 (UFP), idem 455, 13-VIII-2012.

#### **Comentários:**

*Ramalina dendriscoides* é caracterizada por seu talo cespitoso de ramos achatados, sorais terminais levemente cocleados, tecido condroide interrompido e presença de ácido salazínico.

A espécie é semelhante a *R. peruviana* e *R. solediosa* (B. de Lesd.) Landrón devido ao talo cespitoso e solediado. Porém, tanto *R. peruviana* quanto *R. solediosa* apresentam tecido condroide contínuo e sorais ao longo do talo. Além disso, *R. peruviana* produz ácidos homossequicaico e sequicaico, e *R. solediosa* apresenta ramos irregularmente cilíndricos (Kashiwadani & Kalb 1993; Kashiwadani & Nash 2004; Gumboski, 2016).

***Ramalina peruviana* Ach.**

*Lichenographia Universalis*: 599. 1810.

**Tipo:** Peru, col. La Gasca (H-ACH—holótipo; MEL—isótipo).

MB#403795

Fig. 3E

**Distribuição conhecida:** Pantropical, do nível do mar até 2.000 m alt.; na América do Sul: Peru (Krog & Swinscow 1976) e Brasil. No Brasil: Paraná, Pernambuco no Município de São Vicente Férrer, Rio de Janeiro, Rio Grande do Sul, Santa Catarina, São Paulo, Sergipe (Gumboski, 2016).

**TALO** corticícola, cespitoso, 1,0–6,5cm comp., amarelo pardo em herbário, com estipe comum, concolor, até 1mm diam.; **ramos** de ramificação dicotômica anisotômica, sólidos, achatados inicialmente, se tornando irregularmente cilíndricos nos ramos jovens, 0,2–1,1mm larg., superfície lisa, irregular e estriada, ápice redondo; **pseudocifelas** comuns, distintas, elipsoides a lineares, 0,02–0,4(–0,65)mm comp., 0,01–0,07(–0,13)mm larg., laminais e marginais; **tecido condroide** contínuo, denso, creme; **medula** unicolorida, esbranquiçada a palha, densidade normal. **PROPÁGULOS SIMBIÓTICOS sorais** frequentes a abundantes, orbiculares a elipsoides e lineares, distintos, planos a levemente elevados ou em fibrilas curtas, erumpentes, interrompidos a raramente fundindo-se, distribuídos nas lâminas, margens dos ramos e menos frequentes nos ápices dos ramos, (0,02–)0,1–0,4(–0,5)mm comp., 0,02–0,1(–0,2)mm larg. **sorédios** abundantes, granulares, poucos formando grânulos, esbranquiçados; **isídios** e **pústulas** ausentes. **APOTÉCIO** ausente. **PICNÍDIOS** ausentes.

**Testes de coloração:** Córtex K+ amarelo, C-, KC-; Medula K+ rosa evanescente, C+ amarelo, KC-.

**Substâncias de importância taxonômica:** Ácidos sequicaico (majoritário), homossequicaico (minortário), úsnico (traço).

**Material examinado:** Brasil, Pernambuco, Município de Buíque, Parque Nacional do Catimbau, caatinga, em galho, col. M.L.L. Buril 454, 500, 13-VIII-2012 (UFP), idem 620, 682, 692, 882, 14-VIII-2012, idem 989, 1151, 07-XI-2012, idem 1492, 17-VIII-2012, idem 1496, 19-VIII-2012.

#### **Comentários:**

*Ramalina peruviana* é caracterizada pelo talo cespitoso com ramos achatados a irregularmente circulares, tecido condroide contínuo, sorais laminais e marginais comuns a abundantes e produção de ácidos homossequicaico e sequicaico.

Esta espécie pode ser confundida com *R. dendriscoides* Nyl. No entanto, *R. dendriscoides* tem um tecido condroide nitidamente rachado e ácido salazínico em sua medula (Kashiwadani & Kalb 1993).

*Ramalina solediosa* possui talo cespitoso com tecido condroide não rachado e sorais laminais. No entanto, *R. solediosa* difere de *R. peruviana* principalmente pelos ramos achatados e pela produção de ácido salazínico medular (Kashiwadani & Kalb 1993).

#### ***Ramalina solediosa* (de Lesd.) Landrón**

*The Lichenologist* 25 (1): 25. 1993.

**Basiônimo:** *Ramalina dasypoga* var. *solediosa* B. de Lesd., *Rev. Bryol. Lichen.* 7: 59. 1934.

**Tipo:** Cuba, Boqueron, Estacion Naval, col. B. Hiorami (FH—lectótipo). MB#358582.

Fig. 3F

**Distribuição conhecida:** Tropical na América (Kashiwadani & Kalb 1993): Cuba, Brasil. No Brasil: (Raça 1) Bahia, Paraná, Rio de Janeiro, Santa Catarina, São Paulo; (Raça 2) Pernambuco no Município de Poção (Gumboski, 2016); Sergipe (Kashiwadani & Kalb 1993),

**TALO** corticícola, cespitoso a subpenduloso, 3,5–4,0(–9,0) cm comp., amarelo mostarda ou cor de palha, crescendo a partir de um estipe comum, concolor de base negra, **ramos** com ramificação dicotômica anisotômica, sólidos, levemente achatados nos ramos próximos ao estipe, mas mais comumente cilíndricos a irregularmente cilíndricos, 0,2–0,5mm larg., superfície lisa, a fracamente irregular, contínua margem lisa, ápice redondo; **pseudocifelas** planas, punctiformes a elipsoides, laminais 0,015–0,035mm comp., 0,015–0,20mm larg.; **tecido condroide** contínuo, não fragmentado, **medula** esbranquiçada, unicolorida, de densidade normal; **PROPÁGULOS SIMBIÓTICOS sorais** erumpentes, orbiculares mas que podem se tornar arborescentes em líquens mais velhos, laminais e no ápice dos ramos secundários, **sorédios** farinhosos a granuloso, frequentes, brancos; **isídios** e **pústulas** ausentes. **APOTÉCIO** ausente; **PICNÍDIOS** ausentes.

**Testes de coloração:** Córtex K+ amarelo, C-, KC+ amarelo vivo; Medula K+ amarelo→vermelho, C+ amarelo, KC+ amarelo escuro.

**Substâncias de importância taxonômica:** Ácidos salazínico (majoritário) e úsnico (minoritário).

**Material examinado:** Brasil, Pernambuco, Município de Buíque, Parque Nacional do Catimbau, caatinga, em galho, col. M.L.L. Buril 579, 581, 13-VII-2012 (UFP), idem 872, 888, 890, 895, 15-VIII-2012, idem, 988, 17-VIII-2012.

#### **Comentários:**

*Ramalina sorediosa* é caracterizada pelo talo cespitoso a subpenduloso, ramos cilíndricos irregulares, sorais laminais orbiculares, ramos secundários arborescentes, tecido condroide contínuo e não fragmentado, e produção de ácido salazínico.

Esta espécie pode ser confundida com *R. dendriscoides* pelos ramos sorediados e pela produção de ácido salazínico na medula. No entanto, *R. dendriscoides* apresenta tecido condroide rachado, superfície canaliculada. *R. sorediata* assemelha-se também a *R. peruviana*, no entanto, *R. peruviana* produz ácidos sequicaico e homossequicaico.

***Ramalina usnea* (L.) R. Howe**

*Bryologist* 17: 81, fig. 1, pl. 12, figs 1-2 (1914).

**Basiônimo:** *Lichen usnea* L., Mantissa Plantarum 1: 131 (1767)

**Tipo:** LINN 1273.278 – lectótipo.

MB#403866

Fig. 4A

**Distribuição conhecida:** Tropical na América. Brasil: Espírito Santo, Paraná, Pernambuco (município de Alagoinha), Rio de Janeiro, Rio Grande do Sul, Santa Catarina (Gumboski, 2016).

**TALO** corticícola, penduloso, 13 cm comp., amarelo ocre em herbário, crescendo a partir de um apressório levemente alargado, concolor, 1,3mm diam.; **ramos** dicotômicos isotômicos, achatados próximo ao apressório, planos na porção proximal e podendo ser levemente cilíndricos nos ramos mais jovens, comumente podendo se retorcer ao longo do comprimento, sólidos, 0,1–1,2 mm larg., superfície contínua, lisa, de levemente convexa a suavemente irregular, margem lisa, frequentemente com pseudocifela e por vezes fendendo-se em ramos mais desenvolvidos, ápice agudo; **pseudocifelas** distintas, lineares, planas, laminais e marginais, as marginais longíssimas e originando quebras e rachaduras que expõem a medula, (0,10–)0,25mm comp. até aprox.. o comprimento do ramo, 0,01–0,05 mm larg.; **tecido condroide** contínuo, fragmentado, **medula** branca, unicolorida, frouxa, estreita e podendo se romper e ser exposta em trechos, onde o ramo se abre em fendas laterais;—**PROPÁGULOS SIMBIÓTICOS** ausentes; **APOTÉCIO** plano a pouco côncavo, submarginal a marginal, 1,0 mm diâm., pedicelado; **disco** plano a côncavo, branco, pruína ausente; **margem** fina, 0,1mm alt., lisa; **anfitécio** liso, não ornamentado **estipe** 0,3mm de larg., 0,3mm alt., maculação ausente ou escassa;

**epitécio** 6µm de espessura, hialino a amarelo claro; **himênio** 40µm alt., hialino; **subhimênio** 20µm alt., hialino; **hipotécio** 20µm amarelo claro, prosoplequitênquimático. **ASCÓSPOROS** elipsoides, biloculares, hialinos, 20–24 µm · 8–12µm larg., episporo 1µm; **PICNÍDIOS** não visualizados.

**Testes de coloração:** Córtex K-, C-, KC-; Medula K+ róseo, C+ amarelo, KC-.

**Substâncias de importância taxonômica:** Ácido divaricático.

**Material examinado:** Brasil, Pernambuco, Município de Buíque, Parque Nacional do Catimbau, caatinga, em galho, col. M.L.L. Buril 907, 15-VIII-2012 (UFP).

#### **Comentários:**

*Ramalina usnea* se caracteriza pelo talo penduloso, sem propágulos simbióticos, pelas pseudocifelas laminais e ao longo das margens, pelo tecido condroide fragmentado e pela presença de ácido divaricático.

*R. anceps* difere desta pelas pseudocifelas marginais apenas e pela produção de ácido norstictico. (Kashiwadani & Kalb 1993).

#### ***Teloschistes flavicans* (Sw.) Norman**

*Nytt Mag. Natur.* 7: 229. 1853 [1852].

**Basiônimo:** *Lichen flavicans* Sw., *Prodr.*: 147. 1788

**Tipo:** Jamaica, col. Swartz, s.n. (S—lectótipo [como *Lichen flavicans*]).

MB# 355609147

Fig. 4B

**Distribuição conhecida:** Trópicos e subtrópicos (Frödén et al. 2004). No Brasil: Paraná (Gurgatz, 2017), Pernambuco no Município de Alagoinha (Nóbrega, 2002).

**TALO** corticícola, cespitoso, 1–8cm comp., laranja a laranja amarelado em herbário, com estipe concolor e de mesmo diâmetro do ramo; **ramos** dicotômicos isotômicos a anisotômicos, bastante ramificados, achatados a cilíndricos na porção distal, 0,1–0,6mm larg., superfície lisa, irregular fracamente rugosa, opaca, margem lisa a

crenulada, ápice redondo a agudo, fibrilas poucas a comuns, ao longo dos ramos, finas, concolores ao talo e comumente com ápice enegrecido, simples a pouco ramificadas (2 a 3-), podendo formar sorais; **máculas** ausentes a efiguradas e fracas, laminais e marginais; **pseudocifelas** pouco frequentes a raras, planas à superfície do talo a depressas, punctiformes a poucas orbiculares mais comumente elípticas, laminais, 0,02–0,75mm comp., 0,02–0,15mm larg.; medula branca, unicolorida, 1/3 próximo ao córtex densa, 2/3 interna frouxa, **PROPÁGULOS SIMBIÓTICOS sorais** raros em talos jovens a abundantes em talos maduros, punctiformes, se tornando orbiculares a lineares interrompidos, coalescentes ou não, principalmente laminais e marginais, ocasionalmente apicais, 0,02–0,25mm comp., 0,02–0,25mm larg; **sorédios** granuloso, abundantes, amarelados, em talos mais velhos se originando também ao longo da lâmina; **isídios** e **pústulas** ausentes. **APOTÉCIO** ausente; **PICNÍDIOS** ausentes.

**Testes de coloração:** Córtex K+ vinho forte, C-, KC-; Medula K+ vinho forte, C-, KC-

**Substâncias de importância taxonômica:** Parietina (majoritária), falacinal (minoritária), vicanicina, fulgidina (traço).

**Material examinado:** Brasil, Pernambuco, Município de Buíque, Parque Nacional do Catimbau, caatinga, em galho, col. M.L.L. Buril 519, 533, 13-VIII-2012 (UFP), idem722, 14-VIII-2012 (UFP), idem 869, 903, 15-VIII-2012 (UFP).

#### **Comentários:**

*Teloschistes flavicans* caracteriza-se pelo talo cespitoso, laranja amarelado, com sorais marginais e laminais principalmente, e produzindo parietina, falacinol e falacinal.

*T. exilis* é semelhante a *T. flavicans*, no entanto *T. exilis* não produz sorais ou sorédios, comumente apresenta apotécios, e seus ramos são mais estreitos, podendo apresentar fibrilas no ápice (Fleig & Gruninger, 2008).

***Usnea florida* (L.) Weber ex. Wigg.**

*Prim. fl. holsat. (Kiliae):* 91 (1780)

**Basiônimo:** *Lichen floridus* L., Sp. pl. 2: 1156 (1753)

**Tipo:** Europa, Suécia (?), col. Linné (LINN 1273.300—lectótipo)

MB# 408391

Fig. 4C

**Distribuição conhecida:** África, Américas (do Norte, Central e do Sul), Ásia, Europa, Oceania. Na América do Sul: Argentina, Bolívia, Brasil, Equador, Peru, Venezuela. No Brasil: Santa Catarina (Gumboski & Eliasaro, 2011), São Paulo (Herbários P, S, UPS).

**TALO** corticícola, subpenduloso, 2,5–6,5cm comp., amarelo esverdeado a amarelo palha em herbário, crescendo a partir de um apressório levemente estreito, até 2mm diam.; **ramos** cilíndricos, 0,5–0,7 mm larg., superfície com espínulas e fibrilas, dicotômicos, superfície lisa a denso papilosa, ápice atenuado; **máculas** fracas e reticuladas, em abundância; **fibrilas** 4mm comp., 0,3mm larg., não ramificadas, abundantes, ao longo dos ramos, superfície lisa a amarrotada, base constrita; **pseudocifelas** ausentes; **medula** bicolorida, porção superior creme, inferior branca; **PROPÁGULOS SIMBIÓTICOS** ausentes; **APOTÉCIO** plano a ligeiramente côncavo 1–2,5 (–80) mm diam., pedicelado; **disco** plano a côncavo, branco, pruína ausente ou escassa; **margem** fina, 0,1mm larg., com fibrilas e espínulas, máculas escassas, fracas e reticuladas; **anfitécio** com papilas; **estipe** 0,5mm alt., 0,5mm diam.; **epitécio** 10µm alt., hialino a amarelo claro; **himênio** 25µm alt., hialino; **subhimênio** 10µm alt., hialino; **hipotécio** 25µm alt., amarelo claro, prosoplequitênquimático; **ASCÓSPOROS** ovais a esféricos, uniloculares, 8 por asco, 10µm comp., 8µm larg., episporo 1µm; **PICNÍDIOS** ausentes.

**Testes de coloração:** Córtex K-, C-, KC-; Medula K+ amarelo, C-, KC-.

**Substâncias de importância taxonômica:** Ácidos estético, norstético, connorstético e úsnico.

**Material examinado:** Brasil, Pernambuco, Município de Buíque, Parque Nacional do Catimbau, caatinga, em galho, col. M.L.L. Buril 502, 596, 13-VIII-2012 (UFP).

**Comentários:**

*Usnea florida* caracteriza-se por apresentar talo subpenduloso, superfície densamente papilosa, máculas reticuladas, apotecios abundantes e ausência de soralia.

Esta espécie difere de *U. nodulosa* e *U. undulate* pela presença de máculas e ausência de pseudocifelas.

***Usnea nodulosa* Swinscow & Krog**

*Lichenologist* 11(3): 232 (1979)

**Tipo:** Uganda, Distrito de Masaka, Município de Bukoto, Floresta Jubiya, 0 13'S, 3158'E, 1100m alt., em galhos de arbustos expostos, 1971, col. Swinscow 3U 32/5 (BM—holótipo; O—isótipo).

MB# 343823

Fig. 4D

**Distribuição conhecida:** África (Quênia e Uganda), (Swinscow & Krog, 1979).

**TALO** corticícola, subpenduloso, 3–7cm comp., marrom palha em herbário, crescendo a partir de um apressório estreito; **ramos** dicotômicos, cilíndricos, 0,5–1,0 mm larg., espínulas e fibrilas presentes, margem lisa, ápice redondo; **máculas** ausentes; **fibrilas** 1,0–2,5 mm, 1–0,2 mm, abundantes, ao longo dos ramos; **pseudocifelas** medula elevadas, punctiformes, 0,1–0,1 mm ., 0,1–0,1 mm larg., distribuídos por todo talo; **PROPÁGULOS SIMBIÓTICOS sorais** lineares interrompidos, distribuídos na região subapical, sorédios granuloso a farinhosos, abundância; **isídios** e **pústulas** ausentes. **MEDULA** branca. **APOTÉCIO** ausente; **PICNÍDIOS** ausentes.

**Testes de coloração:** Córtex K-, C-, KC-; Medula K-, C+ amarelo, KC-.

**Substâncias de importância taxonômica:** Ácidos divaricático (minoritário), úsnico (majoritário).

**Material examinado:** Brasil, Pernambuco, Município de Buíque, Parque Nacional do Catimbau, caatinga, em galho, col. M.L.L. Buril 537, 13-VIII-2012 (UFP).

**Comentários:**

*Usnea nodulosa* caracteriza-se por apresentar ramos subpenduloso, pseudocifelas com medula elevada e punctiformes por todo o talo e propágulos simbióticos em abundância.

Esta espécie pode ser confundida com *U. undulata* pelas pseudocifelas e propágulos simbióticos. No entanto, *U. undulata* difere de *U. nodulosa*, principalmente pelo talo saxícola e pela produção dos ácidos fumarprotocetrárico e protocetrárico.

***Usnea undulata* Stirt.**

*Scott. Natural.* 6(3): 104 (1881) [1881-1882]

**Tipo:** África do Sul, próximo a Kimberley [sem data], col. J. Shaw s.n. (BM—holótipo) MB#481902

Fig. 4E

**Distribuição conhecida:** África (Stirton, 1881; Swinscow & Krog, 1975).

**TALO** saxícola, cespitoso, 3–4 cm comp., marrom palha em herbário, crescendo a partir de um apressório estreito; **ramos** dicotômicos, cilíndricos, 0,5–1,0 mm larg., superfície irregular, com quebras, superfície crenulada, ápice arredondado; **máculas** ausentes; **fibrilas** até 1,5 mm comp., 0,2–0,3 mm larg., não ramificadas, frequentes, localizadas nos ápices e subápices dos ramos; **pseudocifelas** elevadas, punctiformes, 0,1–0,3 mm comp., 0,1–0,3 mm larg., distribuídas por todo o talo. **PROPÁGULOS SIMBIÓTICOS sorais** extensivos, laminais, apicais; **sorédios** granuloso a farinhoso, formados nos sorais e pseudocifelas; **isídios** e **pústulas** ausentes; **MEDULA** branca; **APOTÉCIO** ausente; **PICNÍDIOS** ausentes.

**Testes de coloração:** Córtex K-, C-, KC-; Medula K+ amarelo vivo, C+ amarelo claro, KC-.

**Substâncias de importância taxonômica:** Ácidos fumarprotocetrárico (majoritário), protocetrárico (minoritário) e úsnico (majoritário).

**Material examinado:** Brasil, Pernambuco, Município de Buíque, Parque Nacional do Catimbau, caatinga, em pedra, col. M.L.L. Buril 635, 14-VIII-2012 (UFP), idem 896, 908, 913, 917, 919, 920, 15-VIII-2012 (UFP).

**Comentários:**

*Usnea undulata* caracteriza-se pelo talo saxícola e pseudocifelas punctiformes a orbicular distribuída por todo o talo.

Esta espécie pode ser confundida com *U. nodulosa* pela presença de máculas e pseudocifelas. Porém *U. nodulosa* apresenta talo corticícola e produção de ácido divaricático.

Figura 3. A – F: Líquens fruticulosos do Parque Nacional do Catimbau – Pernambuco, Brasil. A – *Ramalina aspera* M.L.L. Buril 715. B – *R. celastri* M.L.L. Buril 577. C – *R. complanata* M.L.L. Buril 638. D – *R. dendriscoides* M.L.L. Buril 990. E – *R. peruviana* M.L.L. Buril 620. F – *R. solediosa* M.L.L. Buril 872. Escala: 10cm.



Figura 4. A – E: Líquens fruticulosos do Parque Nacional do Catimbau – Pernambuco, Brasil. A – *Ramalina usnea* M.L.L. Buril 807. B – *Teloschistes flavicans* M.L.L. Buril 903. C – *Usnea florida* M.L.L. Buril 502. D – *U. nodulosa* M.L.L. Buril 537. E – *U. undulata* M.L.L. Buril 920. Escala: 10cm.



## REFERÊNCIAS

ABSABER, A. Os Domínios de Natureza no Brasil – Potencialidades Paisagísticas. São Paulo: Ateliê Editorial, 2003.

APTROOT, A., *et al.* A new lineage of fruticose lichens that belongs to the Trapeliaceae (Trapeliales, Ascomycota) from Alagoas, NE Brazil. *The Bryologist* **121**(4), pp. 529–535. The American Bryological and Lichenological Society, Inc. Published online: November 16. 2018.

BRASIL. MMA – Ministério do Meio Ambiente, dos Recursos Hídricos e da Amazônia Legal. Avaliação e ações prioritárias para a conservação da biodiversidade da Caatinga. Universidade Federal de Pernambuco/ Fundação de Apoio ao desenvolvimento da conservação do Brasil. Fundação Biodiversidade. Brasília, Embrapa Semiárido. 2002.

BRODO, I.M., *et al.* 2001. Lichens of North America. Yale University Press. New Haven and London. 795 p.

BURIL, M. L. L. Levantamento de liquens foliosos (*parmeliaceae*) do semiárido de Pernambuco – NE, Brasil. Tese de Doutorado, Universidade Federal de Pernambuco, Recife, 2015.

BRUNIALTI, G. & GIORDANI, P. Variability of lichen diversity in a climatically heterogeneous area (Liguria, NW Italy). *Lichenologist* **35**: 55-69. 2003.

BUNGARTZ, F., SØCHTING, U., ARUP, U. *Teloschistaceae* (lichenized *ascomycota*) from the galapagos islands: a phylogenetic revision based on morphological, anatomical, chemical, and molecular data. *Plant and Fungal Systematics* **65**(2): 515–576, 2020.

CÁCERES, M. E. S. & A. APTROOT. Lichens from the Brazilian Amazon, with special reference to the genus *Astrothelium*. *The Bryologist* **120**: 166–182. 2017.

FAIRCHILD, T. R., *et al.*, Evolution of Precambrian life in the Brazilian geological record. *International Journal of Astrobiology* **11**: 309–323. 2012.

GUILHERMINO, M. M. *et al.*, Defeso da caatinga: proposta de política pública para o desenvolvimento sustentável da agricultura familiar em bioma caatinga. **Revista Brasileira de Educação Ambiental**. Revbea, São Paulo, V. 14, N° 2:372-387, 2019.

GUMBOSKI, E. L. Estudos taxonômicos em espécies de *Ramalina* Ach. (*Ascomycota* liquenizados, *Ramalinaceae*). Tese de Doutorado, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2016.

HALE, M.E. The biology of lichens. Third edition. Edward Arnold. London. 1983.

HUNECK, S. & YOSHIMURA, I. Identification of lichen substances. Springer, Berlin, 493 p. 1996.

ICMBio- Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade. 2015. PARNA do Catimbau. Disponível em <http://www.icmbio.gov.br/portal/unidadesdeconservacao/biomasbrasileiros/caatinga/unidades-de-conservacao-caatinga/2135>.

KASHIWADANI, H. & K. KALB. THE GENUS *RAMALINA* IN BRAZIL. *Lichenologist* **25**(1): 1–31. 1993.

KASHIWADANI, H. & NASH, T.H. *Ramalina*. In: Nash T.H., B.D. Ryan, P. Diederich, C. Gries and F. Bungartz. (eds.): *Lichen Flora of the Greater Sonoran Desert Region*, Vol. 2. Lichens Unlimited, Arizona State University, Tempe, Arizona, pp. 440–455. 2004.

KREMPELHUBER, A. von. Lichenes brasiliensis collecti a D. A. Glaziou in provincia brasiliensis. Rio de Janeiro. *Flora* **59** :56-63. 1878.

LEAL I.R., TABARELLI M, SILVA J.M.C. Ecologia e conservação da caatinga. Universitária da UFPE, Recife. 2003.

LEAL, I. R. *et al.* Mudando o curso da Conservação da biodiversidade na Caatinga do Nordeste do Brasil. *Rev. Megadiversidade*. v1. n° 1, 2005.

LIMA, E. L. Riqueza e composição de Líquens Corticícolas Crostosos em área de Caatinga no Estado de Pernambuco. Dissertação de Mestrado, Dep. De Micologia, Universidade Federal de Pernambuco, 2013.

LÜCKING, R., *et al.*, Corrections and amendments to the 2016 classification of lichenized fungi in the ascomycota and basidiomycota. *Bryologist* **120**: 58–69. <https://doi.org/10.1639/0007-2745-120.1.058>. 2017.

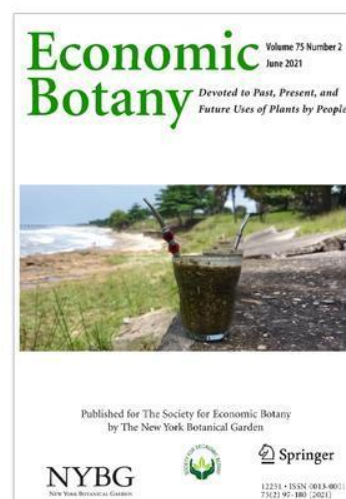
NYLANDER, W. *Recognitio monographica Ramalinarum*. Bulletin de la Societe Linneenne de Normandie 4: 101–181. 1870.

SILVA-JÚNIOR, E. D. Interpretação ambiental, transformação do conhecimento e valorização do Patrimônio Natural do Parque Nacional do Catimbau – PE, Brasil. Tese de Doutorado, Dep. Geografia, Universidade Federal de Pernambuco, p.40-41, Recife, 2018.

STEVENS, G.N. 1987. The lichen genus *Ramalina* in Australia. Bulletin of the British Museum (Natural History), Botany Series **16**(2): 107–223.

#### 4.2 QUÍMICA, POTENCIAL BIOTECNOLÓGICO E BIOATIVIDADE DE ESPÉCIES FRUTICOSAS OCORRENTES NO PARQUE NACIONAL DO CATIMBAU (PERNAMBUCO, BRASIL)

Manuscrito a ser submetido à Economic Botany



Editora Springer: <https://www.springer.com/journal/12231>

Fator de Impacto: 1.731

## QUÍMICA, POTENCIAL BIOTECNOLÓGICO E BIOATIVIDADE DE ESPÉCIES FRUTICOSAS OCORRENTES NO PARQUE NACIONAL DO CATIMBAU (PERNAMBUCO, BRASIL)

Letícia Pereira dos SANTOS<sup>1</sup>, Maria de Lourdes Lacerda BURIL<sup>2</sup>, Eugênia C. PEREIRA<sup>1,2</sup>

1- Programa de Pós-Graduação em Biologia Vegetal, Universidade Federal de Pernambuco – UFPE, Rua Professor Moraes Rego, 1235. Cidade Universitária, Recife/PE, Brasil, CEP 50.670-901, e-mail: lpsantos@hotmail.com

2- Programa de Pós-Graduação em Geografia, Departamento de Ciências Geográficas, Universidade Federal de Pernambuco – UFPE, Av. Professor Moraes Rego, 1235. Cidade Universitária, Recife/PE, Brasil, CEP 50.670-901, e-mail para correspondência: lou.lacerda@gmail.com, verticillaris@gmail.com

### RESUMO

Este trabalho traz um levantamento das substâncias fenólicas presentes em líquens fruticosos do Parque Nacional do Catimbau (PARNA Catimbau), Pernambuco, Nordeste do Brasil, de acordo com ensaios de detecção através de cromatografia em camada delgada e reações químicas específicas no talo, como spot test e uso de luz ultravioleta. Foram identificadas 21 substâncias liquênicas nas 11 espécies encontradas, das quais, em levantamento de dados da literatura sobre as propriedades medicinais e econômicas desse grupo de compostos, 18 demonstram algum tipo de bioatividade. Concluiu-se que o PARNA Catimbau é uma área promissora para bioprospecção de compostos liquênicos para fins econômicos e medicinais e o emprego da biotecnologia mostra-se como uma importante ferramenta para o uso sustentável dos recursos naturais.

Palavras-chave: *Usnea*, *Teloschistes*, *Ramalina*, Caatinga.

### ABSTRACT

This work deals with a survey of phenolic substances occurring in fruticose lichens from Parque Nacional do Catimbau (PARNA Catimbau), Pernambuco, Northeastern Brazil, using thin layer chromatography and chemical reactions in the thallus, such as spot test and use of ultraviolet light, for detection and identification. Twenty-one lichen substances were identified in the 11 species found, of which, analysing literature data on the medicinal and economic properties of this group of compounds, 18 demonstrate some type of bioactivity. It was concluded that PARNA Catimbau is a promising area for bioprospecting of lichen compounds for economic and medicinal purposes and the use of biotechnology is an important tool for the sustainable use of natural resources.

Palavras-chave: *Usnea*, *Teloschistes*, *Ramalina*, Caatinga.

## INTRODUÇÃO

Os líquens são um complexo ecossistema autossustentável formado por um fungo, um arranjo extracelular de um ou mais parceiros fotossintéticos e um número considerado de outros organismos microscópicos, que vivem em associação permanente no seu talo (HAWKSWORTH E GRUBE, 2020). O papel de bactérias associadas ao talo líquênico ainda é desconhecido (NOEL et al. 2021), no entanto o envolvimento desses microrganismos em defesa do líquen contra fatores intrínsecos ou extrínsecos já foram descritos anteriormente (GRUBE et al. 2015).

Estes organismos são caracterizados por metabólitos únicos e conhecidos por compostos que incluem depsídeos, depsídonas e dibenzofuranos (Elix et al. 2008, Noel et al. 2021). Nessa perspectiva, é conhecido que existam dois grupos principais de compostos líquênicos: os metabólitos primários (intracelulares) e os metabólitos secundários (extracelulares). Pereira et al. (2020), comentam que os metabólitos primários incluem proteínas, polissacarídeos, polióis, aminoácidos, vitaminas e outros que estão ligados à parede celular e protoplasto, sendo estes produzidos por o fungo ou o fotobionte, geralmente solúveis em água; enquanto os metabólitos secundários, característicos dos líquens, são produzidos exclusivamente pelo fungo. Segundo Huneck e Yoshimura (1996), os líquens produzem metabólitos que exercem uma ampla variedade de ações biológicas exclusivas em relação aos produzidos pelas plantas (NAYAKA et al. 2018). Os compostos podem ser obtidos a partir de extratos biologicamente ativos de líquens e substâncias puras, muitos deles de natureza fenólica (PEREIRA et al. 2017).

Segundo Ureña-Vacas et al. (2021) até o momento mais de 1.000 compostos foram identificados; depsídonas, depsídeos, dibenzofuranos e xantonas, que são sintetizados pela via acetato-malonato, derivados do ácido pulvínico formados na via do ácido chiquímico e terpenos e esteróides pela via do ácido mevalônico. Os autores ressaltam que a quantidade desses metabólitos secundários pode variar de 0,1% a 30% do peso seco do talo, estando depositados tanto no córtex quanto nas camadas medulares.

As substâncias produzidas exibem diversas atividades biológicas (Calcott et al. 2018), principalmente no campo da fotoproteção (Galanty et al. 2021), mas também como citotóxico (Popovici et al. 2021; Reddy et al. 2019), agentes

antibacterianos (Noel et al. 2021), antibiofilme contra *Candida albicans* (Girardot et al. 2021), antifúngicos (Nishanth et al. 2015), na inibição da proteína de SARS-CoV-2 (Jovanovic et al. 2021), anticancerígeno (Ingelfinger et al. 2020; Sun et al. 2021), dentre muitas outras, demonstrando assim seu potencial biotecnológico.

## **METODOLOGIA**

O levantamento dos líquens fruticosos foi realizado no Parque Nacional do Catimbau, localizado entre os municípios de Buíque, Ibimirim e Tupanatinga, delimitado pelas coordenadas: -8.64055 -37.30127 -8.51035 -37.19839, com altitude mínima de 629m, média de 802m e máxima de 1.039 m; sendo o material liquênico utilizado para identificação das substâncias químicas coletados seguindo Brodo et al. (2001), Fleig (1997) e Hale (1983) com adaptações.

## **ANÁLISES QUÍMICAS**

### **Teste de coloração**

Foram aplicados os testes hidróxido de potássio (K), hipoclorito de cálcio (C), simultaneamente um sobre o outro (K seguido por C), e p-fenilenodiamina (P) no córtex e medula do talo liquênicos, observando a mudança ou não de cor, o que indicou a presença de substâncias típicas das espécies (HUNECK & YOSHIMURA, 1996).

### **Teste de fluorescência**

Foi realizada a exposição do talo liquênico à lâmpada de ultravioleta (UV 360 nm). A presença ou ausência da fluorescência, bem como a cor adquirida, indicou a presença de ácidos liquênicos.

### **Teste de Cromatografia em Camada Delgada (CCD)**

Extratos orgânicos dos talos foram submetidos à CCD em placas de sílica Gel F<sub>254+366</sub> Merck, desenvolvidas no sistema de solventes B, proporção 5:4:1 (N-Hexano, Éter dietílico, Ácido Fórmico) e C, proporção 85:15 (Tolueno, Ácido Acético). As placas foram reveladas sob a luz UV curta e longa, posteriormente pulverizadas com ácido sulfúrico a 20%, e aquecidas a 100°C por 1h. Os resultados

foram avaliados mediante valores de Rf e coloração das bandas reveladas conforme CULBERSON (1972).

#### POTENCIAL BIOTECNOLÓGICO

A partir dos resultados das análises químicas, foram identificados os compostos fenólicos produzidos por cada espécie. Esses foram relacionados à atividade que exercem segundo dados da literatura.

#### RESULTADOS E DISCUSSÃO

Foram identificadas 11 espécies (Tabela 1), distribuídas em 3 gêneros (*Ramalina*, *Teloschistes* e *Usnea*). Foram identificadas 21 substâncias (Tabela 1) para essas espécies, das quais 18 têm atividade biológica e/ou importância econômicas comprovada na literatura (Tabela 2).

**Tabela 1:** Espécies e substâncias liquênicas identificadas.

| Espécies                                            | Substâncias liquênicas                            |
|-----------------------------------------------------|---------------------------------------------------|
| <i>Ramalina aspera</i> Räsänen                      | Ácidos dicaricático, úsnico                       |
| <i>Ramalina celastri</i> (Spreng.) Krog & Swinscow) | Ácido úsnico                                      |
| <i>Ramalina complanata</i> (Sw.) Ach.               | Ácidos úsnico, divaricático e salazínico          |
| <i>Ramalina dendriscoisdes</i> Nyl.                 | Ácido salazínico                                  |
| <i>Ramalina peruviana</i> Ach.                      | Ácidos sequicaico, homossequicaico, úsnico        |
| <i>Ramalina solediosa</i> (de Lesd.) Landrón        | Ácidos salazínico, úsnico                         |
| <i>Ramalina usnea</i> (L.) R. Howe                  | Ácido divaricático                                |
| <i>Teloschistes flavicans</i> (Sw.) Norman          | Parietina, falacinal, vicanicina, fugidina        |
| <i>Usnea florida</i> (L.) Weber ex. Wigg.           | Ácido estítico, norstítico, connrstítico e úsnico |
| <i>Usnea nodulosa</i> Swinscow & Krog               | Ácidos úsnico, divaricático                       |
| <i>Usnea undulata</i> Stirt.                        | Ácidos fumarptotocetrário, protocetrário, úsnico  |

**Tabela 2:** Potencial Biotecnológico e Bioatividade das substâncias líquênicas identificadas nas espécies encontradas no Parque Nacional do Catimbau, semiárido nordestino.

| Substâncias líquênicas   | Bioatividade                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |
|--------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Ácido connorstíctico     | Atividade antibacteriana (Lobakova & Smirnov 2012)                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |
| Ácido divaricático       | Antimicrobiano contra <i>Staphylococcus aureus</i> resistente à metilina (Oh et al. 2018)                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |
| Ácido estítico           | Antibiofilme contra <i>Candida albicans</i> (Girardot et al, 2021)<br>Antimicrobiano (Oran et al. 2016)<br>Antioxidante (Ismed et al. 2017)<br>Atividade citotóxica (Wassman et al. 2013)<br>Neuroprotetor (de Paz et al. 2010)                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |
| Ácido fumarprotocetrário | Atividade antitripanossômica contra <i>Trypanosoma brucei brucei</i> (Igoli et al. 2014)<br>Ação antimicrobiana contra bactérias ( <i>Bacillus cereus</i> , <i>Bacillus subtiliz</i> , <i>Klebsiella pneumoniae</i> , <i>Listeria monocytogenes</i> ) e fungos ( <i>Candida albicans</i> e <i>Candida glabrata</i> ) (Milovanovic et al. 2018; Yilmaz et al. 2004, Ranković et al. 2007)<br>Contra hepatotoxicidade (Shukla et al. 2020)<br>Expectorante e antioxidante (de Barros Alves et al. 2014)<br>Neuroprotetor (Fernández-Moriano et al. 2017) |
| Ácido homossequicaico    | Antioxidante (Sisodia et al. 2013; Luo et al. 2010)                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |
| Ácido norstíctico        | Regulador transcricional alostérico seletivo (Garlick et al. 2021)<br>Inibe a proliferação, migração, invasão e crescimento invasivo <i>in vivo</i> das células do câncer de mama (Ebrahim et al. 2016)                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |
| Ácido protocetrário      | Antibacteriano contra <i>S. aureus</i> , <i>M. tuberculosis</i> , <i>S. typhi</i> , <i>B. mycoides</i> , <i>B. subtilis</i> e <i>S. aureus</i> (Dieu et al. 2020)                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |

|                  |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |
|------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|                  | <p>Antifúngico contra <i>T. rubrum</i>, <i>C. albicans</i>, <i>C. glabrata</i> (Nishanth et al. 2015)</p> <p>Atividade antioxidante (Manojlović et al. 2012)</p> <p>Atividade tripanocida contra <i>T. brucei brucei</i> (Igoli et al. 2014)</p> <p>Atividade citotóxica contra linhas de células de melanomas e carcinoma de cólon (Manojlović et al. 2012, Brandão et al. 2013)</p> <p>Antigenotóxico quando testado em células somáticas de <i>Drosophila melanogaster</i> (Guterres et al. 2017)</p>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             |
| Ácido salazínico | <p>Antimicrobiano contra o crescimento de <i>B. mycoides</i> <i>B. subtilis</i> <i>B. cereus</i> (Candan et al. 2007)</p> <p>Antifúngico moderada contra <i>Fusarium udum</i> (Goel et al. 2011)</p> <p>Promove efeitos de crescimento em bactérias probióticas (<i>Lactobacillus casei</i>) (Gaikwad et al. 2012)</p> <p>Antibiofilme contra <i>Candida albicans</i> (Girardot et al, 2021)</p> <p>Atividade citotóxica contra linhas de células de câncer colorretal (Paluszczak et al. 2018)</p> <p>Antigenotóxico quando testado em células somáticas de <i>Drosophila melanogaster</i> (Guterres et al. 2017)</p> <p>Antitumoral (Alexandrino et al. 2019)</p> <p>Antioxidante (Gaikwad et al. 2012)</p> <p>Fotoprotetor UVA (Lohézic-Le Dévéhat et al. 2013)</p> <p>Promove a cicatrização nos queratinócitos HaCaT (Burlando et al. 2009)</p> |
| Ácido sequicáico | Antioxidante (Sisodia et al. 2013; Luo et al. 2010)                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |
| Ácido úsnico     | <p>Atividade antibacteriana (Noel et al. 2021; Micheletti et al. 2021)</p> <p>Atividade antioxidante (altera composição do envelope celular) em <i>Mycobacterium tuberculosis</i> (Sieniawska et al. 2021)</p>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |

Atividade anticâncer contra o câncer gástrico humano  
(Kumar et al. 2020)

Anticâncer cervical (Sun et al. 2021)

Antimicrobiano e antioxidante (Shcherbakova et al,  
2021)

Antimicrobiano contra *Staphylococcus aureus*  
resistente a metilina (Studzińska-Sroka et al. 2015)

Antibacteriano e Antibiofilme contra *Streptococcus*  
(Nithyanand et al. 2015)

Antibacteriano e Antitubercular (Bangalore et al. 2020)

Antibiofilme contra *Candida albicans* (Girardot et al.  
2021)

Antioxidante e citotóxico (Popovici et al. 2021)

Anticolinérgico e antioxidante (Cakmak et al. 2019)

Antimalárico (Susithra et al. 2021)

Antimelanoma (Galanty et al. 2021)<sup>1</sup>

Antiinflamatória (Galanty et al. 2021)<sup>1</sup>

Atividade Antioxidante, inibe proteína de SARS-CoV-2  
(Jovanovic ET al. 2021)

Bactericida de fibras eletrofiadas (Araújo et al. 2016)

Fotoprotetor (Galanty et al. 2021) Genotoxicidade  
(Prokopiev et al. 2019)

Hepatotoxicidade (Piska et al. 2018)

Nanogéis para o tratamento de úlceras orais  
(Coşkunmeriç et al. 2021)

Teratogênico e moluscicida (Araújo et al. 2018)

Falacinal

Antiedematogênica (Pereira et al. 2010)

Fugidina

Parietina

Antiedematogênica (Pereira et al. 2010)

Antileucêmica (Sanjaya) et al. 2020)

Biofabricação de nanopartículas de prata com  
capacidade antibacteriana e citotóxica (Alqahtani et al.  
2020)

Vicanicina

Antiedematogênica (Pereira et al. 2010)

Antileucêmica (Sanjaya et al. 2020)

Antimicrobiano (Bellio et al. 2017)

Uma das substâncias mais estudadas dentre os metabólitos secundários de líquens é o ácido úsnico, uma furandiona encontrada exclusivamente nos líquens. Esta com ampla utilização na biotecnologia, sobretudo em cosméticos, desodorantes, pasta de dente e cremes medicinais, bem como em alguns produtos à base de ervas. Quando tomado por via oral, o ácido úsnico pode ser tóxico, sendo associado a casos de lesão hepática aguda clinicamente aparente (LiverTox, 2018). Mais recentemente, pesquisas vêm sendo desenvolvidas quanto à aplicabilidade deste ácido frente aos achados histopatológicos, onde se pôde constatar o potencial terapêutico de nanogéis para o tratamento de úlceras orais. No entanto, estudos adicionais ainda são necessários para apoiar sua eficácia através da aplicação de trabalhos farmacodinâmicos e farmacocinéticos em indivíduos humanos (Coşkunmeriç et al. 2021).

As infecções bacterianas mostram-se como um importante problema de saúde pública, o que tem levado a uma busca incessante por novos agentes terapêuticos. Nesta perspectiva, é possível encontrar nos compostos fenólicos produzidos pelos líquens uma alternativa no tratamento de diversas doenças bacterianas. Micheletti et al. (2021) analisaram o extrato de 12 espécies de líquens frente a inibição de 5 cepas bacterianas e constataram que os extratos mais ativos (e seus compostos) foram de *Cladonia borealis* (ácidos úsnico, bárbaro e 4-O-desmetilbarbático), *Cladina confundo* (ácidos úsnico e perlatólico), *Stereocaulum ramulosum* (ácidos atranorina, perlatólico e anziaico) e *Canoparmelia cryptochlorophaea* (ácidos criptoclorofeico e caperático). O ácido úsnico destaca-se ainda por apresentar atividade antibacteriana (Noel et al. 2021), sobretudo contra *Staphylococcus aureus* resistente a meticilina (Studzińska-Sroka et al. 2015), antibiofilme contra *Streptococcus* (Nithyanand et al. 2015) e *Candida albicans* (Girardot et al. 2021), Antioxidante, (altera composição do envelope celular) em *Mycobacterium tuberculosis* (Shcherbakova et al. 2021) anticâncer contra o câncer gástrico humano (Kumar et al. 2020) e cervical (Sun et al. 2021).

Os ácidos salazínico e estítico mostraram atividade como antibiofilme contra *Candida albicans* (Girardot et al. 2021), apresentando também atividade citotóxica contra linhas de células de câncer colorretal (Paluszczak et al. 2018; Wassman et al. 2013). As aplicações envolvendo o uso de substâncias liquênicas podem fornecer ainda, avanços como a atividade antileucêmica, que se mostrou significativa com testes realizados para as substâncias parietina e vicanicina (Sanjaya et al. 2020).

O ácido fumarprotocetrárico destaca-se por apresentar atividade antitripanossômica contra *Trypanosoma brucei brucei* (Igoli et al. 2014), ação antimicrobiana contra bactérias (*Bacillus cereus*, *Bacillus subtiliz*, *Klebsiella pneumoniae*, *Listeria monocytogenes*) e fungos (*Candida albicans* e *Candida glabrata*) (Yilmaz et al. 2004, Ranković et al. 2007), contra hepatotoxicidade (Shukla et al. 2020), expectorante e antioxidante (de Barros Alves et al. 2014) e neuroprotetor (Fernández-Moriano et al. 2017). Atranoria exibe atividade antimicrobiana (Milovanović et al. 2018), anticancerígena e contra inflamação (Ingelfinger et al. 2020). Outros compostos liquênicos apresentam atividade anticancerígena, como o ácido barbático contra a linha celular de câncer de pulmão (Reddy et al. 2019) e salazínico (Paluszczak et al. 2018).

## CONSIDERAÇÕES FINAIS

Os líquens do PARNA Catimbau apresentaram substâncias com bioatividade significativa dentro das mais variadas áreas da biotecnologia.

Estudos aprofundados, que busquem otimizar o uso dessas substâncias, podem trazer avanços consideráveis para a biotecnologia de líquens.

Portanto, a utilização destes recursos, vislumbrando a bioprospecção de metabólitos liquênicos no PARNA Catimbau, é considerada viável.

## REFERÊNCIAS

ABSABER, A. 2003. Os Domínios de Natureza no Brasil – Potencialidades Paisagísticas. São Paulo: Ateliê Editorial.

APTROOT, A., *et al.* 2018. A new lineage of fruticose lichens that belongs to the Trapeliaceae (Trapeliales, Ascomycota) from Alagoas, NE Brazil. *The Bryologist* 121(4), pp. 529–535. The American Bryological and Lichenological Society.

ARAÚJO ES. *et al.*, 2016. Bactericidal Activity of Usnic Acid-Loaded Electrospun Fibers. *Recent Pat Nanotechnol.* 10(3):252-257; 2016.

ALQAHTANI MA. *et al.*, 2020. Bio fabrication of silver nanoparticles with antibacterial and cytotoxic abilities using lichens. *Sci Rep.* Oct 8;10(1):16781.

ARAÚJO HDA, *et al.*, 2018. Toxicity of Usnic Acid from *Cladonia substellata* (Lichen) to embryos and adults of *Biomphalaria glabrata*. *Acta Trop.* 2018 Mar;179:39-43.

ALEXANDRINO, F.A.C. *et al.*, 2019. Antitumor effect of depsidones from lichens on tumor cell lines and experimental murine melanoma. *Revista Brasileira de Farmacognosia*, Volume 29, Issue 4, Pages 449-456,

BRASIL. MMA – Ministério do Meio Ambiente, dos Recursos Hídricos e da Amazônia Legal. Avaliação e ações prioritárias para a conservação da biodiversidade da Caatinga. Universidade Federal de Pernambuco/ Fundação de Apoio ao desenvolvimento da conservação do Brasil. Fundação Biodiversidade. Brasília, Embrapa Semiárido. 2002.

BRODO, I.M., *et al.* 2001. Lichens of North America. Yale University Press. New Haven and London. 795 p.

BURIL, M. L. L. L. 2015. Levantamento de líquens foliosos (Parmeliaceae) do semiárido de Pernambuco – NE, Brasil. Tese de Doutorado, Universidade Federal de Pernambuco, Recife.

BRUNIALTI, G. & GIORDANI, P. 2003. Variability of lichen diversity in a climatically heterogeneous area (Liguria, NW Italy). *Lichenologist* 35: 55-69.

BUNGARTZ, F., SØCHTING, U., ARUP, U. 2020. *Teloschistaceae* (lichenized *ascomycota*) from the galapagos islands: a phylogenetic revision based on morphological, anatomical, chemical, and molecular data. *Plant and Fungal Systematics* 65(2): 515–576.

BELLIO P. *et al.*, 2017. SOS response in bacteria: Inhibitory activity of secondary lichen metabolites against *Escherichia coli* RecA Protein. *Phytomedicine*; 29: 11-18.

BANGALORE PK, *et al.*, 2020. Usnic Acid Enaminone-Coupled 1,2,3-Triazoles as Antibacterial and Antitubercular Agents. *J Nat Prod.* Jan 24;83(1):26-35.

BEHERA BC, *et al.*, 2012. Antioxidative and cardiovascular-protective activities of metabolite usnic acid and psoromic acid produced by lichen species *Usnea complanata* under submerged fermentation. *Pharm Biol.* Aug;50(8):968-79.

BRANDÃO LF, *et al.*, 2013. Cytotoxic evaluation of phenolic compounds from lichens against melanoma cells. *Chem Pharm Bull (Tokyo)*.

BURLANDO, B. *et al.*, 2009. Antiproliferative effects on tumor cells and promotion of keratinocyte wound healing by different lichen compounds. *medical plant*, 75 (06), 607–613.

CÁCERES, M. E. S. & A. APTROOT. 2017. Lichens from the Brazilian Amazon, with special reference to the genus *Astrothelium*. *The Bryologist* 120: 166–182.

CALCOTT, M.J., *et al.*, 2018. Secondary metabolism in the lichen symbiosis. *Chem. Soc. Rev.* 47, 1730–1760.

CANDAN, M. *et al.*, 2007. Antimicrobial Activity of Extracts of the Lichen *Parmelia sulcata* and its Salazinic Acid Constituent. *Zeitschrift Für Naturforschung C*, 62(7-8), 619–621.

CANKILIÇ, Y. M. *et al.*, 2017. Screening of antibacterial, antituberculosis and antifungal effects of the lichen *Usnea florida* and its constituent tamnolic acid. Faculty of Science, Department of Biology, University of Anadolu, Turkey. Research Article - Biomedical Research, Volume 28, Issue 7.

CAKMAK, *et al.* 2019. Anticholinergic and antioxidant activities of usnic acid - a view of the structure of activity. RELATÓRIOS DE TOXICOLOGIA Volume 6 Página 1273-1280.

COŞKUNMERİÇ, N. *et al.*, 2021. Promising nanogels loaded with usnic acid for oral ulcer treatment: development, characterization, and in vivo evaluation in rabbits. Pharmaceutical Development and Technology, 26:4, 431-443,

DE BARROS ALVES GM, *et al.*, 2014. Expectorant and antioxidant activities of purified fumarprotocetraric acid from *Cladonia verticillaris* lichen in mice. Pulm Pharmacol Ther. 2014 Apr;27(2):139-43.

DE PAZ GA. *et al.*, 2010. HPLC isolation of antioxidant constituents from *Xanthoparmelia* spp. J Pharm Biomed Anal; 53: 165-171.

ELIX, J.A. and E. Stocker-Wörgötter, 2008. "Biochemistry and secondary metabolites," in Lichen Biology, I. Nash +omas H., Ed., pp. 104–133, Cambridge University Press, Cambridge, UK, 2nd edition.

DIEU A, *et al.*, 2020. Antibacterial activity of the lichens *Usnea Florida* and *Flavoparmelia caperata* (Parmeliaceae). Nat Prod Res 2020; 34: 3358-3362.

EBRAHIM HY, *et al.* 2016. Norstictic Acid Inhibits Breast Cancer Cell Proliferation, Migration, Invasion, and In Vivo Invasive Growth Through Targeting C-Met. Phytother Res. 2016 Apr;30(4):557-66.

EMSEN B, *et al.*, 2015. In vitro antitumor activities of the lichen compounds olivetoric, physodic and psoromic acid in rat neuron and glioblastoma cells. *Pharm Biol.* 2016 Sep;54(9):1748-62.

FAIRCHILD, T. R., *et al.*, 2012. Evolution of Precambrian life in the Brazilian geological record. *International Journal of Astrobiology* 11: 309–323.

FERNÁNDEZ-MORIANO C, *et al.*, 2016. In vitro neuroprotective potential of lichen metabolite fumarprotocetraric acid via intracellular redox modulation. *Toxicol Appl Pharmacol.* 2017 Feb 1;316:83-94.

<sup>1</sup>GALANTY, A. *et al.*, 2021. (+)-Usnic Acid as a Promising Candidate for a Safe and Stable Topical Photoprotective Agent. *Molecules* 26, 5224.

<sup>2</sup>GALANTY, A. *et al.*, 2021. A Comparative Survey of Anti-Melanoma and Anti-Inflammatory Potential of Usnic Acid Enantiomers—A Comprehensive In Vitro Approach. *Pharmaceuticals*, 14, 945.

GUMBOSKI, E. L. 2016. Estudos taxonômicos em espécies de *Ramalina* Ach. (*Ascomycota* liquenizados, *Ramalinaceae*). Tese de Doutorado, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre.

GAIKWAD, S. *et al.*, 2012. Growth promoting effects of some lichen metabolites on probiotic bacteria. *Journal of Food Science and Technology*, 51(10), 2624–2631.

GARLICK, J. M. *et al.*, 2021. O ácido nórdico é um regulador transcricional alostérico seletivo. *Mapp Jornal da American Chemical Society* 143 (25), 9297-9302.

GUTERRES Z. R. *et al.*, 2017. Antigenotoxicity of Depsidones Isolated from Brazilian Lichens. *Orbital: The Electronic Journal of Chemistry*, vol 9, nº 1.

GIRARDOT M. *et al.*, 2021. Lichen Polyphenolic Compounds for the Eradication of *Candida albicans* Biofilms. *Front Cell Infect Microbiol.* Sep 16;11:698883.

GOEL M. *et al.*, 2011. Isolation, characterization and antifungal activity of the main constituents of the Himalayan lichen *Parmelia reticulata*. *Tayl Agric Food Chem* 2011; 59: 2299-2307.

GRUBE, M. *et al.*, 2015. Exploring functional contexts of symbiotic sustain within lichen-associated bacteria by comparative omics. *ISME J.* 9, 412–424.

HAWKSWORTH, L. D. & GRUBE, M. 2020. Lichens redefined as complex ecosystems. *New Phytologist*.

HALE, M.E. 1983. *The biology of lichens*. Third edition. Edward Arnold. London.

HUNECK, S. & YOSHIMURA, I. 1996. *Identification of lichen substances*. Springer, Berlin, 493 p.

ICMBio- Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade. 2015. PARNA do Catimbau. Disponível em <http://www.icmbio.gov.br/portal/unidadesdeconservacao/biomasbrasileiros/caatinga/unidades-de-conservacao-caatinga/2135>.

ISMED F. *et al.*, 2017. Reassignment of styctic acid isolated from a lichen of Sumatra *Stereocaulon montagneanum* (Stereocaulaceae) with superoxide anion scavenging activities. *Z Naturforsch CJ Biosci* 2017; 72: 55-62.

IGOLI JO, *et al.*, 2014. Antitrypanosomal activity and docking studies of isolated constituents of the lichen *Cetraria islandica*: possibly multifunctional supports. *Curr Top Med Chem* 2014; 14: 1014-1021.

JOVANOVIC, JD. *et al.*, 2021. Usnic acid as a potential free radical scavenger and its inhibitory activity towards SARS-CoV-2 proteins. *REVISTA DE BIOFÍSICA E QUÍMICA COMPUTACIONAL*. Volume 20 Edição 6 Página 655-666.

KUMAR K, *et al.* 2020. Usnic acid induces apoptosis in human gastric cancer cells through ROS generation and DNA damage and causes up-regulation of DNA-PKcs and  $\gamma$ -H2A.X phosphorylation. *Chem Biol Interact*.

KASHIWADANI, H. & K. KALB. 1993. The genus *ramalina* in brazil. *Lichenologist* 25(1): 1–31.

KREMPELHUBER, A. von. 1878. Lichenes brasiliensis collecti a D. A. Glaziou in provincia brasiliensis. Rio de Janeiro. *Flora* 59 :56-63.

Leal I.R., Tabarelli M, Silva J.M.C. 2003. Ecologia e conservação da caatinga. Universitária da UFPE, Recife.

LEAL, I. R. *et al.* 2005. Mudando o curso da Conservação da biodiversidade na Caatinga do Nordeste do Brasil. *Rev. Megadiversidade*. v1. n° 1,

LIMA, E. L. 20113. Riqueza e composição de Líquens Corticícolas Crostosos em área de Caatinga no Estado de Pernambuco. Dissertação de Mestrado, Dep. De Micologia, Universidade Federal de Pernambuco, 2013.

LÜCKING, R., *et al.*, 2017. Corrections and amendments to the 2016 classification of lichenized fungi in the ascomycota and basidiomycota. *Bryologist* 120: 58–69.

LOHÉZIC-LE DÉVÉHAT, F. *et al.*, 2013. Extratos liquênicos e metabólitos como filtros UV. *Journal of Photochemistry and Photobiology B: Biology*, 120, 17–28.

LOBAKOVA, E. S. and SMIRNOV, I. A. 2012. Experimental Lichenology. *Advances in Applied Biotechnology*, p. 257.

LUO, H. *et al.*, 2010. Antioxidant activities of edible lichen *Ramalina conduplicans* and its free radical scavenging constituents. *Mycoscience*, 51, 391–395.

MAPARI, S. *et al.*, 2021. Neuroprotective potential of selected lichen compounds in mouse neuroblastoma (N2a) cells. *EXCLI Journal* 2021;20:491-494

MICHELETTI, A. C. *et al.* Antibacterial potencial of 12 Lichen species. *Anais da Academia Brasileira de Ciências* [online]. 2021, v. 93, n.

MELGAREJO, M. *et al.* 2008. Further investigation into the potent activity and relationship structure of the antibiotic lichen (+)-usnic acid and its derivative dibenzoylusnic acid. *Revista Boliviana de Química*, v. 25, n. 1, pág. 24-29.

MANOJLOVIĆ N, *et al.*, 2012. Chemical composition of three *Parmelia* lichens and antioxidant, antimicrobial and cytotoxic activities of some of their main metabolites. *Phytomedicine*; 19: 1166-1172.

NITHYANAND P. *et al.*, 2015. Usnic acid, a lichen secondary metabolite inhibits Group A *Streptococcus* biofilms. *Antonie Van Leeuwenhoek*. Jan;107(1):263-72.

NISHANTH KS, *et al.*, 2015. Protocetraric acid: an excellent broad-spectrum compound of the lichen *Usnea albopunctata* against medically important microbes. *Nat Prod Res* 2015; 29: 574-577.

NOËL, A. *et al.*, 2021. Lichen-associated bacteria transform antibacterial usnic acid to products of lower antibiotic activity. *Phytochemistry*, Volume 181.

OH JM. *et al.*, 2018. Antimicrobial Activity of Divaricatic Acid Isolated from the Lichen *Evernia mesomorpha* against Methicillin-Resistant: 30477128; PMCID: PMC6320781.

ORAN S, *et al.*, 2016. Antioxidant and Antimicrobial Potential, and HPLC Analysis of Stictic and Usnic Acids of Three *Usnea* Species from Uludag Mountain (Bursa, Turkey). *Iran J Pharm Res*. Spring;15(2):527-35.

PROKOPIEV, I. *et al.*, 2019. Genotoxicity of (+)- and (–)-usnic acid in mice. *Mutation Research/Genetic Toxicology and Environmental Mutagenesis*, 839, 36–39.

PALUSZCZAK J, *et al.*, 2018. Lichen-derived caperatic acid and physodic acid inhibit Wnt signaling in colorectal cancer cells. *Mol Cell Biochem* 441: 109-124.

POPOVICI, V. *et al.*, 2021. Antioxidant and Cytotoxic Activities of *Usnea barbata* (L.) FH Wigg. Extratos secos em diferentes solventes. *Plantas*, 10, 909.

PEREIRA EC. *et al.*, 2017. Biologically-Active Compounds from Brazilian Lichens and their Affinity with Ether. *J Drug Des Res* 4(6): 1057.

PEREIRA EC. *et al.*, 2020. Bioactive Compounds from Brazilian Lichens and Their Biotechnological Applications. Springer Nature Singapore Pte Ltd. 209 M. K. Swamy (ed.), Plant-derived Bioactives.

PEREIRA EC. *et al.*, 2010. Determination of the anti-inflammatory activity of the norm *Teloschistes flavicans* (sw). *Pharmacognosy Research*. 205-210. DOI: 10.4103 / 0974-8490.69102. PMID: 21808568; PMCID: PMC3141128.

PISKA K, *et al.*, 2018. Usnic acid reactive metabolites formation in human, rat, and mice microsomes. Implication for hepatotoxicity. *Food Chem Toxicol* 120:112-118. PMID: 29981369.

RANKOVIĆ B, *et al.*, 2007. Antimicrobial activity of extracts from the lichens *Cladonia furcata*, *Parmelia caperata*, *Parmelia pertusa*, *Hypogymnia physodes* and *Umbilicaria polyphylla*. *Br J Biomed Sci*. 64: 143-148.

SILVA-JÚNIOR, E. D. 2018. Interpretação ambiental, transformação do conhecimento e valorização do Patrimônio Natural do Parque Nacional do Catimbau – PE, Brasil. Tese de Doutorado, Dep. Geografia, Universidade Federal de Pernambuco, p.40-41,

SISODIA, R. *et al.*, 2013. Antibacterial and antioxidante activity of lichen species *Ramalina roesleri*. *Nat. Prod. Res*. 27, 2235–2239.

SUN, T. X. *et al.*, 2021. Usnic acid suppresses cervical cancer cell proliferation by inhibiting PD-L1 expression and enhancing T-lymphocyte tumor-killing activity. *Molecular Medicine Research Center, College of Pharmacy, Yanbian University, Yanji, China. Phytotherapy Research*;35:3916–393

SHCHERBAKOVA A, *et al.*, 2021. Antimicrobial and antioxidant activity of *Evernia prunastri* extracts and their isolates. *World J Microbiol Biotechnol*. 7 de julho de 2021;

37 (8): 129. doi: 10.1007 / s11274-021-03099-y. PMID: 34232401; PMCID: PMC8263414.

SIENIAWSKA, E. *et al.*, 2021. Usnic acid treatment alters the composition of the *Mycobacterium tuberculosis* cell envelope and alters bacterial redox status. *MSYSTEMS*, ISSN 2379-5077, Editora atual AMER SOC MICROBIOLOGY 1752 N ST NW, WASHINGTON, DC 20036-2904. Volume 6 Edição 3 Número do artigo e00097-21.

STUDZIŃSKA-SROKA E, *et al.*, 2015. In vitro antimicrobial activity of extracts and compounds isolated from *Cladonia uncialis*. *Nat Prod Res.* 29(24):2302-7. Epub 2015 Feb 3. PMID: 25647298.

SHUKLA, I. *et al.*, 2020. Hepatoprotective activity of depsidone enriched *Cladonia rangiferina* extract against alcohol-induced hepatotoxicity targeting cytochrome P450 2E1 induced oxidative damage. *Saudi Pharmaceutical Journal*, Volume 28, Issue 4, Pages 519-527,

SUSITHRA E., *et al.* 2021. Low Molecular Weight Non-Peptidyl Antimalarial Leads: Lichen Metabolite, Usnic Acid and Its Analogues, Polycyclic Aromatic Compounds.

SANJAYA A. *et al.*, 2020. New Depsidone from *Teloschistes flavicans* and the Antileukemic Activity. *J Oleo Sci.* Dec 1;69(12):1591-1595. doi: 10.5650/jos.ess20209. Epub 2020 Nov 12. PMID: 33177283.

UREÑA-VACAS, I. *et al.*, 2021. Lichen Depsidones with Biological Interes. *Planta Med.* DOI 10.1055/a-1482-6381 ISSN 0032-0943, 2021. Thieme. All rights reserved. Georg Thieme Verlag KG, Rüdigerstraße 14, 70469 Stuttgart, German

VAINIO, E. A. 1887. *Monographia Cladoniarum Universalis*. I. *Acta Societatis Pro Flora et Fauna Fennica*, v. 4. 509 pp.

WASSMAN CD. *et al.*, 2013. Computational identification of a transiently open L1/S3 pocket for mutant p53 reactivation. Nat Commun; 4: 1407 DOI: 10.1038 / ncomms2361.

YILMAZ M, *et al.*, 2004. Antimicrobial activity of extracts of the lichen *Cladonia foliacea* and its (-) -usnic acid, atranorin and fumarprotocetraric acid constituents.Z. Naturforsch. (59)c, 249-254.

## 5. CONCLUSÕES

Foram identificadas e descritas 11 espécies, distribuídas entre os gêneros *Ramalina* Ach. (7), *Teloschistes* Norman. (1) e *Usnea* Will. ex. Adams. (3) no Parque Nacional do Catimbau (PARNA Catimbau), Nordeste do Brasil. Desses, 4 são novas ocorrências para o semiárido pernambucano: *Ramalina dendriscoides* Nyl., *Usnea florida* (L) Weber ex. Wigg., *U. nodulosa* Swinscow & Krog e *U. undulata* Stirt.

Nas espécies estudadas foram identificadas 14 fenóis liquênicos, dos quais 13 têm potencial biotecnológico comprovado na literatura. Os líquens *Ramalina aspera*, *R. peruviana*, *R. solediosa* e *Teloschistes flavicans* foram os mais abundantes e as substâncias atranorina, ácidos divaricático, fumarprotocetrárico, protocetrárico, salazínico, úsnico e parietina as ocorrentes em maior concentração e, por isso, mais indicados para uso biotecnológico.

Estes números e possibilidades de uso ressaltam a relevância do trabalho, visto que refletem a grande riqueza existente no semiárido pernambucano, mostrando-se promissores, sobretudo para área de estudo. Além disso, abre um parêntese quanto à liquenologia no Brasil e a necessidade de mais pesquisadores, especialmente quanto à identificação taxonômica. Reforça-se ainda ser indispensáveis as políticas de conservação para o PARNA Catimbau, especialmente em razão de o Parque estar localizando em um importante centro de endemismo, sendo possível que ainda haja muito a ser descoberto e descrito para a liquenoflora brasileira.

## REFERÊNCIAS

ABSABER, A. Os Domínios de Natureza no Brasil – Potencialidades Paisagísticas. São Paulo: **Ateliê Editorial**, 2003.

AGARDH, C. 1821. **Aphorismi botanici**, no. 7. Lundae [Lund]: literis Berlingianis. <https://books.google.at/books?id=tANHAQAAMAAJ>

ALLEN, K. *et al.* Will seasonally dry tropical forests be sensitive or resistant to future changes in rainfall regimes? **Environmental Research Letters**, v. 12, n. 2, 2017.

ANDRADE, E. M. *et al.* Ecohydrology in a Brazilian tropical dry forest: thinned vegetation impact on hydrological functions and ecosystem services. **Journal of Hydrology: Regional Studies**, v. 27, n. November 2019, p. 100649, 2020.

AOUSSAR, N. *et al.*, Phytochemical Analysis, Cytotoxic, Antioxidant, and Antibacterial Activities of Lichens. **Hindawi Evidence-Based Complementary and Alternative Medicine**. Volume 2020, Article ID 8104538, 11 pages <https://doi.org/10.1155/2020/8104538>

APTROOT, A. & BUNGARTZ, F. The lichen genus *Ramalina* on the Galápagos. **Lichenologist** 36(6): 519–542. 2007.

APTROOT, A., *et al.* A new lineage of fruticose lichens that belongs to the Trapeliaceae (Trapeliales, Ascomycota) from Alagoas, NE Brazil. **The Bryologist** 121(4), pp. 529–535. The American Bryological and Lichenological Society, Inc. Published online: November 16 2018.

ARUP, U. *et al.*, A new taxonomy of the family teloschistaceae. **Nordic Journal of Botany**, 31: 16-83. 2013.

BARROS LM, XAVIER-FILHO L. Catálogo dos liquens do herbário do departamento de botânica da universidade federal de pernambuco. **Anais da sociedade botânica do Brasil**. XXIII Congresso Nacional de Botânica, PE- Brasil: 45-55. 1972.

BLOIS, MS. Antioxidant determination by the use of stable free radical. **Nature** 181: 1199-2000. 1958.

BRODO, I.M., *et al.* Lichens of North America. **Yale University Press**. New Haven and London. 795 p. 2001.

BRUNIALTI, G. & GIORDANI, P. Variability of lichen diversity *in* a climatically heterogeneous area (Liguria, NW Italy). **Lichenologist** 35: 55-69. 2003.

BUNGARTZ, F., SØCHTING, U., ARUP, U. Teloschistaceae (lichenized ascomycota) from the galapagos islands: a phylogenetic revision based on morphological, anatomical, chemical, and molecular data. **Plant and Fungal Systematics** 65(2): 515–576, 2020.

BURIL, M. L. L. Levantamento de liquens foliosos (parmeliaceae) do semiárido de pernambuco – ne, Brasil. **Tese de Doutorado, Universidade Federal de Pernambuco**, Recife, 2015.

CÁCERES, M. E. S. & A. APTROOT., Lichens from the Brazilian Amazon, with special reference to the genus *Astrothelium*. **The Bryologist** 120: 166–182. 2017.

CASTELLETI, C.H.M. *et al.*, Quanto ainda resta da caatinga? Uma estimativa preliminar. In: SILVA, J.M. *et al.*, Biodiversidade da Caatinga: áreas e ações prioritárias para a conservação. **Ministério do Meio Ambiente/Universidade Federal de Pernambuco**, Brasília, 2004, p. 91-100. 2000.

CLERC, P. Species concepts in the genus *Usnea* (lichenized Ascomycetes). **Lichenologist** 30: 321–340. 1998.

CÓRDOBA, C. V. *et al.* Biotecnologia de Liquens. In: FILHO, X. L. *et al.* Biologia de Liquens. **Editora Âmbito Cultural**, Rio de Janeiro, 2006.

CRESPO, A. *et al.*, Testing morphology-based hypotheses of phylogenetic relationships in Parmeliaceae (Ascomycota) using three ribosomal markers and the nuclear RPB1 gene. **Molecular Phylogenetics and Evolution** 44: 812–824. 2007.

CULBERSON, C. F. Improved conditions and new data for thin layer chromatographic method. J. **Chromatogr.** 72: 113-125. 1972.

CUNHA, IPR. A família parmeliaceae (fungos liquenizados) região tocantina: ocorrência e potencial econômico/medicinal. **Tese (doutorado). Programa de Pós-**

**Graduação em Biologia Vegetal, Universidade Federal de Pernambuco.** Recife-PE. 253p. 2012.

DIVAKAR, P. K. *et al.*, Evolution of complex symbiotic relationships in a morphologically derived family of lichenforming fungi. **New Phytologist** 208: 1217–1226. 2015.

DRYFLOR *et al.*, Plant diversity patterns in neotropical dry forests and their conservation implications. **Science**, v. 353, n. 6306, p. 1383–1388, 2016.

DUVIGNEAUD, P. Remarques sur la Systématique des Lichens a —podédionsll. **Bulletin du Jardin Botanique de l'État Bruxelles**, v. 17, p. 149-155. 1944.

ELIX J.A. Parmeliaceae. *In* Flora of Australia, 55, Lichens-Lecanorales 2, Parmeliaceae. **Australian Biological Resources Study**, Canberra. p. 1-3. 1994.

ESCHWEILER, F.G. Lichenes. *In*: Martius, C.F.P.: Flora Brasiliensis seu enumeratio plantarum in Brasilia etc. provenientium. 1, Pars prima. Algae, Lichenes, Hepaticae. **Tübingen**, pp. 51–293. 1833.

ESIMONE, C.O. *et al.*, Broad spectrum antiviral fractions from the lichen *Ramalina farinacea* (L.) Ach. **Chemotherapy** 55, 119-126 (2009).

FAIRCHILD, T. R., *et al.*, Evolution of Precambrian life in the Brazilian geological record. **International Journal of Astrobiology** 11: 309–323. 2012.

FILSON, R. B. A revision of the lichen genus *Cladia* Nyl. **Journal Hattori Botanical Laboratory**, n. 49, p. 1-75. 1981.

FLEIG, M. Os gêneros *Parmotrema*, *Rimelia* e *Rimeliella* (lichenes – Ascomycotina) no Rio Grande do Sul, Brasil. **Tese de Doutorado pelo Instituto de Biociências da Universidade de São Paulo**. São Paulo. 250 p. 1997.

GAYA, E. *et al.*, Phylogenetic reassessment of the Teloschistaceae (lichen-forming Ascomycota, Lecanoromycetes). **Mycological Research**, 112(5), 528–546. 2008.

GERLACH, A. da CL, CLERC, P., & BORGES DA SILVEIRA, RM. Taxonomy of cork, esorated shrub and neotropical species of *Usnea* Adans. (Parmeliaceae) with

emphasis on southern Brazil. **The Lichenologist**, 49(03), 199-238. (2017). doi:10.1017/s0024282917000196

GERLACH, A. *et al.*, Naming and describing the diversity in the usnea cornuta aggregate (lichenized ascomycota, parmeliaceae) focusing on brazilian specimens. **Plant and Fungal Systematics** 65(2): 272–302, 2020.

GUMBOSKI, E. L. Estudos taxonômicos em espécies de Ramalina Ach. (Ascomycota liquenizados, Ramalinaceae). **Tese de Doutorado, Universidade Federal do Rio Grande do Sul**, Porto Alegre, 2016.

GUNNARSSON, B., *et al.* A functional relationship between species richness of spiders and lichen in spruce. **Biodiversity and Conservation** 13: 685-693. 2004.

HALE, M.E. The biology of lichens. **Third edition**. Edward Arnold. London. 1983.

HAWKSWORTH, D. L. *et al.*, Dictionary of the Fungi, 8 ed. **Cambridge**. Cambridge University Press. 616 pp. 1995.

HAWKSWORTH, L. D. & GRUBE, M. Lichens redefined as complex ecosystems. **New Phytologist**, 2020.

HUNECK S AND YOSHIMURA Y. Identification of lichen substances. **Springer**, Berlin, Heidelberg, New York. 1996.

IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (2004) Mapa de biomas do Brasil: primeira aproximação. Disponível em <http://www.ibge.gov.br/home/presidencia/noticias/21052004biomashtml.shtm>, acesso em: Dezembro de 2020.

ICMBio - Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade. 2015. **PARNA do Catimbau**. Disponível em <http://www.icmbio.gov.br/portal/unidadesdeconservacao/biomasbrasil/caatinga/unidades-de-conservacao-caatinga/2135>. Acessado em 02 de maio de 2021.

JØRGENSEN, P. M., JAMES, P. W., JARVIS, C. E. **Linnaean lichen names and their typification**. Botanical Journal of the Linnean Society, v.117, p. 261-405. 1994.

JOVANOVIĆ, D. J. *et al.*, Usnic Acid as a Potential Free Radical Scavenger and its Inhibitory Activity Toward SARS-CoV-2 Proteins. **J. Comput. Biophys. Chem.** 20 (6), 655–666. 2021.

JUNGBLUTH, P. A família Parmeliaceae (fungos liquenizados) em fragmentos de cerrados do Estado de São Paulo. **Dissertação de Mestrado. Instituto de Botânica de São Paulo**, 2006

KASHIWADANI, H. & K. KALB. The genus ramalina in brazil. **Lichenologist** 25(1): 1–31. 1993.

KISTENICH, S. *et al.*, Molecular systematics and character evolution in the lichen family Ramalinaceae (Ascomycota: Lecanorales). **Taxon**, 67 (5), 871–904. doi: 10.12705 / 675.1. 2018.

KREMPELHUBER, A. VON. 1876. Lichenes brasiliensis collecti a D. A. Glaziou in provincia brasiliensi. Rio de Janeiro. **Flora** 59:56-63.

KROG, H. & SWINSCOW, T.D.V. The genus Ramalina in East Africa. **Norwegian Journal of Botany** 23: 153–175. 1976.

LEAL, I. R. *et al.* Ecologia e Conservação da Caatinga. Recife, Ed **Universitária da UFPE**, 2003.

LEAL, I. R. *et al.* Mudando o curso da Conservação da biodiversidade na Caatinga do Nordeste do Brasil. **Rev. Megadiversidade**. v1. nº 1, 2005.

LEGAZ, M.E. & VICENTE, C. Endogenous inactivators of arginase, l-arginine decarboxylase, and agmatine amidinohydrolase in Evernia prunastri thallus. **Plant Physiology** 71: 300-302. 1983.

LIMA, D. N. S. Interação do extrato orgânico e do talo do líquen Cladonia substellata (VAINIO) e insumos orgânicos para biorremediar solos degradados pela salinização, **Monografia, Universidade Federal de Pernambuco**, 2017.

LIMA, E. L. Riqueza e composição de Líquens Corticícolas Crostosos em área de Caatinga no Estado de Pernambuco. **Dissertação de Mestrado, Dep. De Micologia, Universidade Federal de Pernambuco**, 2013.

LÜCKING, R., HODKINSON, B.P. & LEAVITT, S.D. Corrections and amendments to the 2016 classification of lichenized fungi in the Ascomycota and Basidiomycota. **The Bryologist** 120: 58–69. <https://doi.org/10.1639/0007-2745-120.1.058>. 2017a.

LÜCKING, R., HODKINSON, B.P. & LEAVITT, S.D.: The 2016 classification of lichenized fungi in the Ascomycota and Basidiomycota—Approaching one thousand genera. **The Bryologist** 119: 361-416. 2017b.

MAIA, S. B. M. *et al.*, Líquens como fonte de produtos bioativos com potencial farmacológico. In: PEREIRA, E. C. *et al.*, **A liquenologia Brasileira no incício do século XXI**. CCS: Gráfica e Editora, Camaragine - PE, 2012.

MARCELLI, P. M. Fungos liquenizados. *In*: FILHO, X. L. *et al.* **Biologia de Líquens**. Editora Âmbito Cultural, Rio de Janeiro, 2006.

MARK K, *et al.*, Contrasting co-occurrence patterns of photobiont and cystobasidiomycete yeast associated with common epiphytic lichen species. **New Phytologist**. 2020. doi: 10.1111/ nph.16475.

MARTINS, B. C. M. *et al.*, Biomonitoramento da qualidade do ar utilizando líquens. In: PEREIRA, E. C. *et al.*, **A liquenologia Brasileira no incício do século XXI**. CCS. Gráfica e Editora, Camaragine - PE, 2012.

MARTINS, BCM. *et al.*, Fungos liquenizados in Fatores de virulência microbianos e terapias emergentes. São José dos Pinhais: **Latin American** Publicações, 2021. 262 p.

MILES, L. *et al.*, A global overview of the conservation status of tropical dry Forests. **Journal of Biogeography (J. Biogeogr.)** 33, 491–505. 2006.

MISHRA, G. K., *et al.* Current taxonomy of the lichen family Teloschistaceae from India with descriptions of new species. **Acta Botanica Hungarica**. Volume 62: Edição 3-4, 2020.

MMA - Ministério do Meio Ambiente. **Áreas prioritárias para conservação, uso sustentável e repartição dos benefícios da biodiversidade – Caatinga**. 2020.

MMA. **MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE. Caatinga.** 2021. Disponível em: <http://antigo.mma.gov.br/biomas/caatinga>. Acesso em: 30 jul. 2021.

MORO. MF., *et al.* A phytogeographical metaanalysis of the semiarid Caatinga domain in Brazil. **The Botanical Review** 82: 91-148. 2016.

MUHOHO, A.M.; FARKAS, E.É. Insecticidal and Antiprotozoal Properties of Lichen Secondary Metabolites on Insect Vectors and Their Transmitted Protozoal Diseases to Humans. **Diversity** 2021, 13, 342.

MÜLLER K., Pharmaceutically relevant metabolites from lichens. **Appl. Microbiol. Biotechnol** 56: 9-16. 2001.

NASH III T.H., *et al.* A REVISION OF THE LICHEN GENUS XANTHOPARMELIA IN SOUTH AMERICA. **Bibliotheca Lichenologica** 56: 1-158. 1995.

NASH III, T. H. Lichen Biology. **Cambridge:** USA, Cambridge University Press. 2<sup>o</sup> ed. 498p., 2008.

NAYAKA, S. *et al.*, Species and chemical diversity in lichen family teloschistaceae and their bioprospecting potential: a review in indian context. **Cryptogam Biodiversity and Assessment**. Vol 3, No. 2, e-ISSN: 2456-0251, 08-22 (2018).

NYLANDER, W. BULLETIN DE LA SOCIETE LINNEENNE DE NORMANDIE: **Recognitio monographica Ramalinarum** 101–181. 1870.

OLIVEIRA, R. B., & GODOY, S. A. P. Composição florística dos afloramentos rochosos do Morro do Forno, São Paulo. **Biota Neotropica**, 7(2), 37-48. 2007.

PEREIRA E.C.G., *et al.* Liquens. *In:* Porto, K.C., Tabarelli, M., Almeida-Cortez, J. (Org.). Diversidade biológica e conservação da floresta atlântica ao norte do rio são francisco. 1ed. Recife: **Universitária**, p. 108-119. 2005.

PERNAMBUCO. Lei nº 11.206, de 31 de março de 1995. **Política Florestal do Estado de Pernambuco. Pernambuco**, 1995. Disponível em: [http://www.semas.pe.gov.br/c/document\\_library/get\\_file?uuid=6b992ddc-f757-4603-86be-12dfa74cbe52&groupId=709017](http://www.semas.pe.gov.br/c/document_library/get_file?uuid=6b992ddc-f757-4603-86be-12dfa74cbe52&groupId=709017), Acesso em: Dezembro de 2020.

POREMBSKI, S., *et al.*, Diversity and ecology of saxicolous vegetation mats on inselbergues in the Brazilian Atlantic rainforest. **Diversity and Distributions**, 4(3), 107-119. 1998.

PORTO, P. A. F., *et al.*, Composição Florística de um Inselbergue no Agreste Paraibano, Município de Esperança, Nordeste Do Brasil. **Caatinga (Mossoró, Brasil)**, v.21, n.2, p.214-, abril/junho de 2008.

PRADO, D. As caatingas da América do Sul. *In*: I.R. Leal, M. Tabarelli & J.M.C. Silva. Ecologia e conservação da Caatinga. pp. 3-73. **Editora Universitária**, Universidade Federal de Pernambuco, Recife, Brasil. 2003.

REIS, R. A. *et al.*, Fatty acid composition of the tropical lichen teloschistes flavicans and its cultivated symbionts. **FEMS Microbiology Letters** 247, 1-6 (2005).

RESERA, G. B. *et al.*, Biologically active compounds from white and black mustard grains: An optimization study for recovery and identification of phenolic antioxidants. **Industrial Crops and Products**. Volume 135, Pages 294-300, 1 September 2019.

RIBEIRO, KT., *et al.*, Species composition and biogeographic relations of the rock outcrop flora on the high plateau of Itatiaia, SE-Brazil. **Revista Brasileira de Botânica** 30: 623-639. 2007.

SANJAYA, A. *et al.*, A New Depsidone from Teloschistes flavicans and the Antileukemic Activity. **Journal of Oleo Science Copyright** 2020 by Japan Oil Chemists' Society doi: 10.5650/jos.ess20209 J. Oleo Sci. 69, (12) 1591-1595 (2020)

SANTOS, L. S. *et al.*, Variação da cobertura vegetal com ênfase na identificação de mancha de cerrado em um perfil topográfico do semiárido pernambucano - Brasil. **Sociedade & Natureza**, [S. l.], v. 32, p. 335–345, 2020. DOI: 10.14393/SN-v32-2020-45721. Disponível em: <https://seer.ufu.br/index.php/sociedadennatureza/article/view/4572>. Acesso em: 3 jan. 2022.

SILVA, J.M.C. DA, LEAL, I.R.L., TABARELLI, M., Caatinga The Largest Tropical Dry Forest Region in South America. **Springer**. 2017.

SILVA-JÚNIOR, E. D. Interpretação ambiental, transformação do conhecimento e valorização do Patrimônio Natural do Parque Nacional do Catimbau – PE, Brasil. **Tese de Doutorado, Dep. Geografia, Universidade Federal de Pernambuco**, p.40-41, Recife, 2018.

SNE. Sociedade Nordestina de Ecologia. **Projeto Técnico para a Criação do Parque Nacional do Catimbau/PE** - versão final, em cumprimento ao contrato nº 086-00/02, Subprojeto "Proposta para criação do Parque Nacional do Catimbau/PE". 2002.

SNUC - lei Nº 9.985, Sistema Nacional de Unidades de Conservação, de 18 de Junho de 2000. **Disponível em:** [http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/leis/L9985.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/L9985.htm)

SOARES, E. D. G. Como gerar mapas e aplicar métodos biogeográficos no programa ArcView Gis 3.2a. **Programa de Pós-Graduação em Entomologia, Universidade Federal do Paraná**. p. 1-8. 2005.

SØCHTING, U. LUTZONI F. Molecular phylogenetic study on the generic boundary between the lichen-forming fungi Caloplaca and Xanthoria (Ascomycota, Teloschistaceae). **Mycol. Res.** 107, pp. 1266 – 1276. 2003.

SPIELMANN, A.A. *et al.*, The rediscovery of Xanthoria (Teloschistaceae) in Brazil. **Archive for lichenology** VOL 24 (16.03.2021).

TABARELLI, M., *et al.* Variation of seed dispersal spectrum of woody plants across a rainfall gradient in north-eastern Brazil. **Journal of Arid Environments** 53: 197-210. 2003.

TEHLER, A.; WEDIN, M. Systematics of lichenized fungi. *In*: NASH, T. H. III **Lichen Biology**. 2 ed. Cambridge University press. p. 336- 352 . 2008.

THELL, A. *et al.*, A review of the lichen family parmeliaceae – history, phylogeny and current taxonomy. **Nordic Journal of Botany** 30: 641–664. Subject Editor: Torbjörn Tyler.

TIGRE, C. R. & RODRIGUES, M. R. B. Potencial alelopático das substâncias líquênicas. In: PEREIRA, E. C. et al., **A Liquenologia Brasileira no início do século XXI**. CCS. Gráfica e Editora, Camaragine - PE, 2012.

TRUONG, C. *et al.*, The lichen genus *Usnea* (Parmeliaceae) in the tropical Andes and the Galapagos: species with a red-orange cortical or subcortical pigmentation. **The Bryologist**, 114(3):477-503. 2011.

WILK, K. *et al.*, The phylogenetic review of Teloschistaceae from South America (Lichenized Ascomycota, Teloschistales) reveals three new genera and species. **Mycologia** 113 (1): 1-22; Janeiro de 2021.

## ANEXO I

## NORMAS PARA PUBLICAÇÃO NO PERIÓDICO FUNGAL BIOLOGY

Disponível em: <https://www.journals.elsevier.com/fungal-biology>

**FUNGAL BIOLOGY**

Published by Elsevier on behalf of The British Mycological Society

**AUTHOR INFORMATION PACK****TABLE OF CONTENTS**

|                     |     |
|---------------------|-----|
| • Description       | p.1 |
| • Audience          | p.1 |
| • Impact Factor     | p.1 |
| • Editorial Board   | p.1 |
| • Guide for Authors | p.3 |



ISSN: 1878-6146

**DESCRIPTION**

*Fungal Biology* publishes original contributions in all fields of basic and applied research involving fungi and fungus-like organisms (including oomycetes and slime moulds). Areas of investigation include biodeterioration, biotechnology, cell and developmental biology, ecology, evolution, genetics, geomycology, medical mycology, mutualistic interactions (including lichens and mycorrhizas), physiology, plant pathology, secondary metabolites, and taxonomy and systematics. Submissions on experimental methods are also welcomed. Priority is given to contributions likely to be of interest to a wide international audience.

*Fungal Biology* is the international research journal of the British Mycological Society.

**AUDIENCE**

Mycologists, Microbiologists, Plant Scientists, Biotechnologists.

**IMPACT FACTOR**

2020: 3.099 © Clarivate Analytics Journal Citation Reports 2021

**EDITORIAL BOARD****Senior Editors**

**Simon Avery**, Nottingham, United Kingdom  
**Geoff Gadd**, Dundee, United Kingdom  
**Nicholas Money**, Oxford, Ohio, United States of America

**Editors**

**Raffaella Balestrini**, Torino, Italy  
**Steven Bates**, Exeter, United Kingdom  
**Martin Bidartondo**, London, United Kingdom  
**Neil Brown**, Bath, United Kingdom  
**Filipa Cox**, Manchester, United Kingdom  
**Ester Gaya**, Richmond, United Kingdom  
**Gustavo H. Goldman**, São Paulo, Brazil  
**Martin Grube**, Graz, Austria

## ANEXO II

### NORMAS PARA PUBLICAÇÃO NO PERIÓDICO ECONOMIC BOTANY

Disponível em: <https://www.springer.com/journal/12231>



## Botânica Econômica

[Conselho Editorial](#)
[Objetivos e escopo](#)
[Atualizações do diário](#)

---

**Economic Botany** é uma revista trimestral publicada pelo The New York Botanical Garden para a Society for Economic Botany. Interdisciplinar no escopo, **a Botânica Econômica** preenche a lacuna entre a botânica pura e a aplicada, concentrando-se nos usos das plantas pelas pessoas. A principal publicação desse tipo neste campo, a revista documenta a rica relação entre plantas e pessoas em todo o mundo, abrangendo o passado, presente e usos potenciais das plantas. Cada edição contém artigos de pesquisa originais, artigos de revisão, resenhas de livros, bibliografias comentadas e notas sobre plantas econômicas. — [mostre tudo](#)

---

**Editor chefe**  
Robert Voeks

**Modelo de publicação**  
Híbrido. [Como publicar conosco, incluindo Open Access](#)

**1.731 (2020)**  
Fator de impacto

**1.993 (2020)**  
Fator de impacto de cinco anos