



**UNIVERSIDADE FEDERAL DE SERGIPE**  
**PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ECOLOGIA**  
**E CONSERVAÇÃO**



**INFLUÊNCIA DE FATORES AMBIENTAIS NA RIQUEZA E COMPOSIÇÃO**  
**DE ESPÉCIES DE LIQUENS CORTICÍCOLAS EM ÁREA DE BREJO DE**  
**ALTITUDE E CAATINGA**

**AMANDA BARRETO XAVIER LEITE**  
**MESTRADO ACADÊMICO**

**SÃO CRISTÓVÃO**  
**SERGIPE – BRASIL**  
**2013**

**AMANDA BARRETO XAVIER LEITE**

**INFLUÊNCIA DE FATORES AMBIENTAIS NA RIQUEZA E COMPOSIÇÃO  
DE ESPÉCIES DE LIQUENS CORTICÍCOLAS EM ÁREA DE BREJO DE  
ALTITUDE E CAATINGA**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ecologia e Conservação da Universidade Federal de Sergipe, como requisito parcial para obtenção do título de Mestra em Ecologia.

Orientadora: Profa. Dra. Marcela Eugenia da Silva Cáceres

Co-Orientador: Prof. Dr. Leandro de Souza Souto

SÃO CRISTÓVÃO  
SERGIPE – BRASIL

2013

**FICHA CATALOGRÁFICA ELABORADA PELA BIBLIOTECA CENTRAL  
UNIVERSIDADE FEDERAL DE SERGIPE**

Leite, Amanda Barreto Xavier

L533i      Influência de fatores ambientais na riqueza e composição de espécies de líquens corticícolas em área de brejo de altitude e caatinga / Amanda Barreto Xavier Leite ; orientadora Marcela Eugenia da Silva Cáceres. – São Cristóvão, 2013.

89 f. ; il.

Dissertação (Mestrado em Ecologia e Conservação)-  
Universidade Federal de Sergipe, 2013.

1. Ecologia vegetal. 2. Líquens. 3. Caatinga. 4. Biodiversidade – Paraíba. I. Cáceres, Marcela Eugenia da Silva, orient. II. Título.

CDU 582.29:581.5(813.3)

**TERMO DE APROVAÇÃO**

**INFLUÊNCIA DE FATORES AMBIENTAIS NA RIQUEZA E COMPOSIÇÃO DE  
ESPÉCIES DE LIQUENS CORTICÍCOLAS EM ÁREA DE BREJO DE ALTITUDE E  
CAATINGA**

por

**AMANDA BARRETO XAVIER LEITE**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ecologia e Conservação da Universidade Federal de Sergipe, como parte dos requisitos exigidos para a obtenção do título de Mestre em Ecologia e Conservação.

**APROVADA** pela banca examinadora composta por



**DR<sup>a</sup> MARCELA EUGENIA DA SILVA CÁCERES**  
Programa de Pós-Graduação em Ecologia e Conservação da  
Universidade Federal de Sergipe



**DR. JOSÉ LUIZ BEZERRA**  
UESC



**DR. ROBERT KARL LÜCKING**  
FIELD MUSEUM OF NATURAL HISTORY, CHICAGO

São Cristovão/SE, 31/01/2013

## AGRADECIMENTOS

Tenho certeza que nunca conseguiria concluir essa caminhada sozinha! Tenho muito a agradecer às pessoas que já faziam parte da minha vida, que entraram durante esta batalha e as que já faziam parte, mas fomos aproximados graças a ela!

Agradeço a Deus por ter me iluminado e me guiado nos momentos que eu achava que não teria mais força.

Ao meu Pai e minha Mãe! Pelo apoio acima de tudo! Mas também, por terem me tornado o que sou hoje. Se eu persisto e insisto, foi com vocês que aprendi! O amor, apoio e o companheirismo de vocês foram essenciais nessa caminhada! Amo muito, obrigada por tudo!

Aos meus irmãos, Erick e Vinícius, que mesmo não entendendo meus ataques de nervosismos, são partes de mim! Minha vida sem vocês não teria a menor graça! Amo.

Aos meus avós maternos, por tornarem meus campos menos cansativos, com a melhor das receptividades: o abraço quente, acolhedor e único da vó Mirian! O amor que sinto pela senhora não cabe dentro de mim! Sou grata por tudo que a senhora fez durante minhas viagens de coleta! Até ser acordada as 4:30 da manhã pra coletar soava delicado e tornava tudo mais fácil! Amo vocês!

Ao meu namorado, Rodrigo! Sou muito grata a Deus por ter te colocado na minha vida justo nesse ano que mais precisei de apoio! Sua calma, serenidade e, principalmente, seu amor, tornaram momentos difíceis em fáceis, os de nervosismo em calma, os que eu achei que não tivesse força em coragem! Obrigada por tanta compreensão pela ausência e nervosismo! Meu fornecedor oficial de Redbull nas madrugadas viradas de estudo. Amo-te meu lindo!

À Tia Thati pelo carinho e amor, mesmo não entendo nada que tenho feito em campo!

Às amigas que fazem parte de mim, Yumi, Brendinha, Jana, Aline e Quel! Irmãs que Deus me deu e que não sei o que seria de mim sem vocês! Obrigada por cada palavra de apoio, risadas compartilhadas e compreensão nos momentos de ausência, que foram muitos! Amo cada uma do jeitinho que vocês são! E muito! Que essa amizade perdure pro resto das nossas vidas!

Aline, a você devo um agradecimento especial! Você foi meu braço direito, esquerdo, perna direita, esquerda, meu tudo! Posso dizer com todas as letras que esse mestrado foi vitória NOSSA! Ter você presente em todas as etapas dessa caminhada tornou toda dificuldade em alegria e sorrisos! Essa vitória ao seu lado só reafirmou que Deus nos uniu como irmãs de coração, você conseguiu me aguentar dois anos intensamente, eu sei que não é fácil! Obrigada por tudo! À tio Menezes e tia Sandra, obrigada por tanto cuidado e amor! Amo vocês!

Aos meus amigos da Escola Parque! Amigos que a vida nos uniu desde crianças e, graças a Deus, não nos separou. A ausência foi grande, mas o que importa é que a amizade existe em nossos corações e pensamentos. Nada e nem ninguém apaga o que vivemos e aprendemos juntos! Amo vocês: Juliana, Elaine, Melhinha linda, Davizinho, Tuca, Larinha, Fabrício e Waltinho!

A dinda Mamá! Obrigada por tanto amor! A distância não diminui e nem muda o laço forte que existe entre a gente. Amo-te.

Aos meus primos Xavier! Obrigada por tanto amor e carinho! Devo ao mestrado essa nossa união de hoje! Aos lindos Ana Luiza, Xavierzinho, Ramon, Léo, Tiago e Rodolfo!

A tio Helder, tia Néó, Karol e Karen, pela receptividade sempre! Obrigada por tudo!

Aos amigos que o mestrado me trouxe, Aschoff, Tacy e Dudu! Prazer inenarrável conhecer vocês! Aschoff com seu denço gostoso, Tacy com sua doçura encantadora e Dudu com seu humor característico!

Ao Sr. Dézio! Agradeço imensamente pela companhia, confiança, esforço, frutas e conhecimento adquirido em campo! Sem sua ajuda, os campos seriam muito mais cansativos! Prazer imenso ter conhecido o senhor e espero encontrá-lo nas minhas coletas do Doutorado, já que o senhor sempre será meu guia exclusivo!

À minha orientadora Prof<sup>a</sup>. Dra. Marcela Cáceres, que acreditou em mim e no meu esforço! O mestrado nos proporcionou uma amizade construída de forma saudável e madura. Obrigada pelo conhecimento adquirido e pelo carinho sempre! Que venha o Doutorado!

Ao Prof. Dr. Leandro Souto pela orientação, paciência e ajuda nos momentos de desespero perante a estatística dos dados. Obrigada professor!

Ao Dr. André Aptroot pela ajuda nas identificações das minhas amostras do mestrado e pelo conhecimento enriquecedor passado sobre os líquens.

Ao Dr. Robert Lücking pelas amostras identificadas em laboratório e conhecimento adquirido.

Ao Prof. Dr. Aduino Ribeiro, pelas aulas inesquecíveis ministradas durante o mestrado.

À Prof<sup>a</sup>. Bianca Giuliano Ambrogi e Prof<sup>a</sup>. Adriana Bocchiglieri pelas sugestões enriquecedoras durante a qualificação do meu projeto.

À banca examinadora pelo convite aceito.

À Santa Secretária do PPEC, Juliana Cordeiro! Muito obrigada por toda ajuda dada!

A Capes pela concessão da bolsa de mestrado, auxiliando no desenvolvimento da minha pesquisa.

Aos amores da minha vida, Mirsa e Crisóstomo!

A minha avó Miriam!

E ao homem que tive a sorte de conhecer,

Meu orgulho e amor serão eternos,

Ao meu tio Edmundo (in memoriam).

**DEDICO**

“Se seus sonhos estiverem nas nuvens,  
não se preocupe,  
estão no lugar certo.  
Agora construa os alicerces”

**Shakespeare**

## SUMÁRIO

<b>LISTA DE FIGURAS .....</b>	<b>1</b>
<b>LISTA DE TABELAS .....</b>	<b>4</b>
<b>RESUMO GERAL.....</b>	<b>5</b>
<b>GENERAL ABSTRACT .....</b>	<b>6</b>
<b>CAPÍTULO 1.....</b>	<b>16</b>
<b>RESUMO .....</b>	<b>17</b>
<b>INTRODUÇÃO.....</b>	<b>20</b>
<b>MATERIAL E MÉTODOS.....</b>	<b>23</b>
<b>RESULTADOS.....</b>	<b>28</b>
<b>DISCUSSÃO.....</b>	<b>42</b>
<b>CONCLUSÃO .....</b>	<b>46</b>
<b>REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....</b>	<b>47</b>
<b>CAPÍTULO 2.....</b>	<b>52</b>
<b>RESUMO:.....</b>	<b>53</b>
<b>INTRODUÇÃO.....</b>	<b>56</b>
<b>MATERIAL E MÉTODOS.....</b>	<b>60</b>
<b>DISCUSSÃO.....</b>	<b>71</b>
<b>CONCLUSÃO .....</b>	<b>74</b>
<b>REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....</b>	<b>75</b>

## LISTA DE FIGURAS

### **Capítulo 1 – Líquens corticícolas crostosos em área de Brejo de Altitude e Caatinga no estado da Paraíba, Brasil**

**Figura 1** – Mapa do estado da Paraíba, localização das áreas de coleta. Fonte: PTDRS 2010, adaptado.

**Figura 2** – Representação da área do Parque Estadual Mata do Pau-Ferro, localizado na região dos Brejos Paraibanos, município de Areia (a) e local de coleta dentro do Parque Estadual (b).

**Figura 3** – Representação da Reserva Muralha, na região do semiárido paraibano, município de Cuité (a) e área de coleta de líquens corticícolas (b).

**Figura 4** – Desenho amostral dos transectos demarcados nas áreas de Caatinga e Brejo de altitude para coleta de líquens corticícolas.

**Figura 5** – Média da riqueza de espécies de líquens corticícolas para as duas áreas, sendo significativo ( $p < 0.05$ ) para a área de Caatinga.

**Figura 6** – Famílias mais representativas em número de espécies para a Reserva Muralha (Caatinga) e Mata do Pau-Ferro (Brejo de Altitude).

**Figura 7** – Os gêneros mais representativos em número de espécies para as áreas de estudo, sendo o gênero *Graphis* para a Caatinga e o gênero *Malmidea* para o Brejo de Altitude, Paraíba, Brasil.

**Figura 8** - Composição de espécies de líquens corticícolas em áreas de Brejo de Altitude e Caatinga, Paraíba, Brasil.

**Figura 9** - Estudo da similaridade de espécies de líquens corticícolas entre as áreas de Caatinga e Brejo de Altitude, através da análise de Cluster.

**Figura 10** - Novos registros para o Nordeste (NE), Brasil (BR) e América do Sul (AS) de líquens corticícolas amostrados para o Brejo de Altitude (B.A) e Caatinga (CA) no

estado da Paraíba. (A) *Arthonia antillarum* (CA/NE), (B) *Coenogonium nepalense* (B.A/AS), (C) *Fissurina aggregatula* (B.A/AS), (D) *Fissurina pseudostromatica* (B.A/AS), (E) *Graphis cincta* (CA/BR), (F) *Leucodecton occultum* (CA/BR), (G) *Ocellularia obturascens* (B.A/BR) e (H) *Pyrenula aspistea* (CA/NE).

**Figura 11** - Espécies de líquens corticícolas referente à Reserva Muralha, na região de Caatinga, Paraíba, Brasil. (A) *Cratiria obscurior*, (B) *Dirinaria leopoldii*, (C) *Graphis oxyclada*, (D) *Lecanora achroa*, (E) *Pertusaria quassiae*, (F) *Pyxine berteriana*, (G) *Enterographa sipmanii* e (H) *Trypethelium eluteriae*.

**Figura 12** - Espécies de líquens corticícolas para o Parque Estadual Mata do Pau-Ferro, situado na região de Brejo de Altitude, Paraíba, Brasil. (A) *Diorygma poitaei*, (B) *Fissurina incrustans*, (C) *Graphis glaucescens*, (D) *Malmidea granifera*, (E) *Mazosia ocellata*, (F) *Phaeographis neotricosa*, (G) *Porina nucula* e (H) *Sarcographa labyrinthica*.

## **Capítulo 2 – Influência de fatores bióticos e abióticos na riqueza de líquens corticícolas em áreas de Brejo de Atitude e Caatinga**

**Figura 1** – Mapa do estado da Paraíba, localização das áreas de coleta. Fonte: PTDRS 2010, adaptado.

**Figura 2** – Representação da área do Parque Estadual Mata do Pau-Ferro, localizado na região dos Brejos Paraibanos, município de Areia (a) e local de coleta dentro do Parque (b).

**Figura 3** – Representação da Reserva Muralha, na região do semiárido paraibano, município de Cuité (a) e área de coleta de líquens corticícolas (b).

**Figura 4** – Desenho amostral dos transectos demarcados nas áreas de Caatinga e Brejo de altitude para coleta de líquens corticícolas.

**Figura 5** - Equação de medição do diâmetro à altura do peito (DAP) através do valor da circunferência do tronco (CAP).

**Figura 6** – Medição da luminosidade com auxílio de uma câmera digital acoplada a uma lente “olho de peixe”, direcionada para o Norte magnético com auxílio de uma bússola, próximo ao hospedeiro amostral (a). Foto reproduzida pela lente “olho de peixe” em um ponto da área da Caatinga (b) e outra para o Brejo de Altitude (c).

**Figura 7** - Representação do tratamento realizado pelo software GLA 2.0 de uma foto tirada para a área de Caatinga, sendo a fotografia digital convertida em preto e branco e recortada no formato quadrado requisitado pelo GLA (a-b).

**Figura 8** - Riqueza de líquens corticícolas em relação ao pH da casca para as áreas de Caatinga e Brejo de Altitude ( $p < 0,05$ ).

**Figura 9** - Diâmetro à altura do peito (DAP) para as áreas de estudo, Brejo de Altitude e Caatinga, quando relacionados à riqueza de líquens corticícolas ( $p < 0,05$ ).

**Figura 10** - Riqueza de líquens corticícolas relacionados aos valores da transmitância total (radiação direta + radiação difusa) em duas fitofisionomias, Brejo de Altitude e Caatinga ( $p < 0,05$ ), no estado da Paraíba, Brasil.

**Figura 11** - Influência de fatores bióticos e abióticos nos pontos representados pelas áreas de Caatinga e Brejo de Altitude através da análise de NMDS.

## **LISTA DE TABELAS**

### **Capítulo 1 – Líquens corticícolas crostosos em área de Brejo de Altitude e Caatinga no estado da Paraíba, Brasil**

**Tabela 1** – Famílias e táxons registrados para as áreas de Caatinga e Brejo de Altitude no estado da Paraíba, bem como as novas ocorrências para o Nordeste (NE), Brasil (BR) e América do Sul (AS).

## RESUMO GERAL

Os líquens são associações simbióticas entre um fungo, quase sempre do Filo Ascomycota, com uma ou mais espécies de algas ou cianobactérias. Este trabalho teve como objetivos: (i) comparar a riqueza e composição de líquens corticícolas em duas fitofisionomias, Brejo de Altitude e Caatinga, no estado da Paraíba, (ii) verificar se a riqueza é influenciada pelos fatores bióticos e abióticos luminosidade, pH da casca do hospedeiro e diâmetro à altura do peito (DAP) e (iii) analisar se esses fatores bióticos e abióticos, luminosidade, pH da casca do hospedeiro e diâmetro na altura do peito (DAP) diferem entre as áreas de estudo. Em duas fitofisionomias, Caatinga e Brejo de Altitude, no estado da Paraíba, foram demarcados cinco transectos de 100 m cada, paralelamente demarcados a cada 25m, distantes um do outro. Em cada transecto, foram demarcados pontos a cada 10 m, sendo 50 pontos para cada área. Em cada ponto foi amostrada a árvore mais próxima na qual foi observada a presença de talos líquênicos, na altura de 0,5m até 1m em relação ao solo. Foram analisadas a riqueza e composição de espécies para cada área. Ao todo foram coletadas 755 amostras, sendo 18 famílias, 44 gêneros e 121 espécies de microlíquens corticícolas. A Caatinga obteve maior riqueza (74 espécies), com 50 espécies registradas para o Brejo de Altitude. Com relação à composição de espécies, as áreas foram bastante diferentes. Comparando a riqueza de líquens corticícolas com os fatores bióticos e abióticos, luminosidade (transmitância total e abertura do dossel), pH da casca e diâmetro à altura do peito (DAP) do hospedeiro selecionado, tais fatores influenciaram de forma significativa a riqueza de espécies de líquens corticícolas. Para as áreas, apenas os fatores abertura do dossel e altitude não obtiveram a mesma significância. Os resultados aqui apresentados contribuem para uma pequena parcela do conhecimento ecológico desses microfungos, tornando este estudo um importante subsídio para outras pesquisas que venham a aprimorar e enriquecer a Liquenologia, bem como, fortalecer o conhecimento a respeito das fitofisionomias em estudo.

**Palavras-chave:** Líquens corticícolas, Brejo de Altitude, Caatinga, Ecologia.

## GENERAL ABSTRACT

The lichens are symbiotic associations between a fungus, almost always an Ascomycota, and one or more species of algae or cyanobacteria. This study aimed to (i) compare the richness and composition of lichens corticolous in two forest types, Brejo de Altitude and Caatinga, in the state of Paraíba: (ii) verify if lichen species richness is influenced by biotic and abiotic factors such light, bark pH and diameter at breast height (DBH) of the host and (iii) analyze whether these biotic and abiotic factors differ between the studied areas. In two forest types, Caatinga and Brejo de Altitude, in the state of Paraíba, five transects with 100 m each were delimited, located 25 m apart from each other. In each transect, one sampling unit was delimited every 10 m, with a total of 50 points for each area. At each point the nearest tree was sampled and all lichen thalli removed in an area of 1.5 m along the stem (tree trunk) from the ground, disregarding the first 0.5 m above the ground. Species richness and composition were analyzed for each area. A total of 755 samples were collected, with 18 families, 44 genera and 121 species of corticolous microlichens. The Caatinga showed a greater species richness (74 species), with 50 species recorded for the Brejo de Altitude. With respect to species composition, the areas were quite different. Comparing lichen species richness in relation to biotic and abiotic factors, such as light (transmittance and total canopy openness), bark pH and diameter at breast height (DBH) of the selected host, the results showed to be significant. Between the areas, only the factors canopy openness and elevation did not obtain the same significance. The results presented here contribute to a small portion of the ecological knowledge of these microfungi, making this study an important tool for further research that will enhance and enrich Lichenology, as well as increase the knowledge about the vegetation types in the study.

**Key-words:** Corticolous lichens, Brejo de Altitude, Caatinga, Ecology.

## INTRODUÇÃO GERAL

Aproximadamente 20% de todas as espécies de fungos conhecidas são encontradas na natureza associadas simbioticamente a algas ou cianobactérias (Marcelli 2006; Nash 2008; Kirk et al. 2008). Hoje se sabe que esta simbiose pode envolver três ou mais organismos (Chaparro & Ceballos 2002; Nash 2008). A íntima relação entre esses parceiros, micobionte e fotobionte, produz uma estrutura reconhecida como talo líquênico, não sendo encontrada quando esses organismos estão isolados na natureza (Deacon 2006), e, devido à associação resultante, formam uma entidade morfológica com propriedades químicas e fisiológicas próprias (Ahmadjian 1965).

Esta associação simbiótica, chamada de liquenização, é uma estratégia evolucionária bem sucedida no filo Ascomycota, que tem resultado em uma rica diversidade de espécies de fungos (Grube & Kroken 2000; Feuerer & Hawksworth 2007). Devido a sua forma de vida tão particular, estes fungos liquenizados são encontrados praticamente, em todos os ecossistemas do planeta (Kappen 1988; Lakatos et al. 2006; Umaña & Sipman 2002) e em quase todos os habitats terrestres dos trópicos às regiões polares (Nash 2008), ambientes estes onde não conseguiriam viver separadamente cada um dos seus componentes (Chaparro & Ceballos 2002).

A tendência atual é se acreditar que os líquens são estruturas onde os fungos “cultivam” algas (ou cianobactérias) das quais se alimentam (ou obtêm seu alimento) ao invés de casos de convivência “harmoniosa e pacífica” entre os simbiontes (Marcelli 2006). Devido ao grau de intimidade que se estabelece na associação líquênica, podemos considerá-la como mutualismo, pois há troca de benefício mútuo (Nash 2008) e também parasitismo, sendo o fungo parasita da alga, que é “aprisionada” no talo. Além destes, temos o comensalismo, com apenas um dos simbiontes se beneficiando da relação, porém sem prejuízo ou benefício do outro (Chaparro & Ceballos 2002).

Alternativamente, a associação líquênica é considerada um parasitismo controlado, em que o fotobionte não é beneficiado e ainda perdem por crescer mais lentamente do que quando não liquenizados, tornando as células do fotobionte vítimas do parceiro micobionte (Purvis 2000; Will-Wolf et al. 2004). Porém, de uma perspectiva ecológica, a relação é geralmente mutualística, sendo todos os parceiros beneficiados desta associação, além das células das algas parecerem saudáveis dentro do líquen (Nash 2008; Purvis 2000; Will-Wolf et al. 2004).

Estruturalmente, os líquens estão altamente organizados com as hifas do fungo e as células da alga dispostas em zonas específicas no talo liquênico. De acordo com essas variações, se produzem também distintas formas de crescimento, classificadas de forma geral em líquens foliosos, fruticosos e crostosos, como também combinações e formas intermediárias entre estas (Morales et al. 2009), como o esquamuloso e filamentosos (Deacon 2006) e o composto ou dimórfico (Marcelli 2006). Os líquens corticícolos crostosos (microlíquens) (Lücking et al. 2009), representam a maioria dos líquens, principalmente em regiões tropicais, e caracterizam-se pela ausência de córtex inferior, aderindo ao substrato por toda a sua medula, o que torna difícil a sua remoção de rochas, folhas e cascas de árvores (Carlile et al. 2001).

Os líquens são capazes de colonizar uma grande variedade de habitats. Esta capacidade é uma combinação de vários fatores que lhe conferem uma adaptabilidade extraordinária na associação simbiótica (Morales et al. 2009). Uma das principais características do ciclo vital dos líquens é a sua capacidade para troca rápida e frequente de estado ativo a um estado de inatividade metabólica, quando as condições ambientais se tornam adversas, como temperatura, radiação e disponibilidade hídrica (López 2006). Além desta, podemos mencionar a capacidade do fungo liquenizado de produzir substâncias químicas que, possivelmente, fazem parte de um sistema de defesa do líquen contra herbivoria, assim como a capacidade de colonização de uma grande variedade de substratos (Morales et al. 2009).

Muitos líquens têm preferências por habitats e apresentam determinadas exigências ecológicas. As propriedades físicas e químicas, incluindo pH do substrato, são muito importantes na determinação de quais comunidades de líquens irão se desenvolver (Purvis 2000). Para Umaña & Sipman (2002), vários são os fatores que determinam sua distribuição, tais como, água, temperatura, luz, substrato e atividade humana, além de muitas espécies de líquens serem fortemente dependentes do clima em geral (Aptroot & van Herk 2007), de características do hospedeiro, como rugosidade da casca (Käffer et al. 2007), diâmetro na altura do peito (DAP) da árvore (Bunnell et al. 2008), como também, a elevação e umidade da área (Morales et al. 2009).

Diante disso, Dyer & Letourneau (2007), analisando fatores abióticos que afetam a diversidade liquênica em Florestas Antigas na Letônia, comprovaram que a luz é, provavelmente, o que mais afeta o crescimento do líquen. Para Mezaka et al. (2008), a espécie e o DAP da árvore hospedeira são fatores significativos na composição de espécies, enquanto o pH mais ácido da casca da árvore afeta significativamente de

forma positiva a riqueza de espécies de líquens. Por outro lado, Friedel et al. (2006) comprovaram que o DAP é o fator mais importante e que influencia tanto na diversidade quanto na composição de líquens em florestas. Em um estudo desenvolvido por Friedel et al. (2006), o fator luminosidade teve grande importância para a composição de espécies, mas com um impacto menor sobre a diversidade líquênica.

Para o Brasil, poucos trabalhos dedicaram-se ao estudo da resposta dos líquens aos fatores bióticos e abióticos. No Nordeste brasileiro, Cáceres et al. (2007) estudaram a composição e riqueza de espécies de líquens corticícolas crostosos em uma área de Floresta Atlântica no estado de Alagoas correlacionando-as com características da casca do hospedeiro e a intensidade de luz incidente. Além deste trabalho, foi realizada uma comparação entre a composição de espécies de líquens de três fitofisionomias ocorrentes nas regiões, Mata Atlântica, Caatinga e Brejos de Altitude. Como resultado foi observada uma baixa similaridade entre as áreas, que pode ser relacionada ao tipo de vegetação e grau de luminosidade (Cáceres et al. 2008).

A Região Nordeste apresenta uma variedade de ecossistemas em sua extensão territorial, desde fragmentos de Mata Atlântica até encraves de cerrado (Santos & Melo 2010). A Floresta Atlântica brasileira se estende ao longo da costa, entre as latitudes 07°S a 23°S, e é composta por um mosaico de diferentes fisionomias e floras sobre grande diversidade ambiental (Rodal et al. 2005). Uma das unidades biogeográficas que compõem a floresta Atlântica brasileira é a floresta localizada ao norte do rio São Francisco, abrangendo os estados de Alagoas, Pernambuco, Paraíba e Rio Grande do Norte, com pequenos encraves no Ceará e Piauí (Tabarelli & Santos 2004).

A floresta Atlântica ao norte do rio São Francisco, ou floresta Atlântica nordestina (Tabarelli & Santos 2004), é composta também pelos Brejos de Altitude (Andrade-Lima 1982). Os Brejos de Altitude Nordestinos são considerados encraves da Mata Atlântica, formando ilhas de floresta úmida em plena região semiárida, tendo uma condição climática bastante atípica e privilegiada quanto à umidade do ar e do solo, temperatura, vegetação e cobertura vegetal e com pouco conhecimento sobre sua vegetação e ecologia (Andrade-Lima 1966).

Estudos referem-se à existência de 43 Brejos de Altitude, distribuídos nos estados do Ceará, Rio Grande do Norte, Paraíba e Pernambuco, cobrindo uma área original de aproximadamente 18.500 km<sup>2</sup>. Somente Pernambuco e Paraíba possuem 31 brejos, distribuídos em 28 municípios do agreste e sertão. Isto equivale a 1/4 da área de distribuição original da floresta Atlântica nordestina representada pelos brejos de

altitude (Tabarelli & Santos 2004). A microrregião de Areia, ou Brejo Paraibano, localiza-se predominantemente na borda úmida oriental do Planalto da Borborema e engloba sete municípios: Alagoa Grande, Alagoa Nova, Areia, Bananeiras, Borborema, Pilões e Serraria. O clima é úmido, os solos são profundos e medianamente férteis e a hidrografia é caracterizada por pequenos e médios cursos d'água (Barbosa et al. 2004) e precipitação anual entre 900 e 1300mm (Silva 2011).

A Caatinga cobre quase todo o nordeste brasileiro, atingindo uma área de 800 mil km<sup>2</sup>, sendo interrompido por algumas áreas de Floresta Tropical úmida e Cerrado (Silans et al. 2006). Este bioma inclui os estados do Ceará, Rio Grande do Norte, a maior parte da Paraíba e Pernambuco, sudeste do Piauí, oeste de Alagoas e Sergipe, região norte e central da Bahia e uma faixa estendendo-se em Minas Gerais, seguindo o Rio São Francisco (Prado 2005). No Estado da Paraíba, dois terços da área total correspondem ao ecossistema Caatinga. Estende-se por cerca de 4/5 da superfície do seu território, abrangendo as regiões do Sertão, Cariri, Seridó e Curimataú (Tavares de Melo & Rodriguez 2003). A área de Curimataú, umas das regiões menos conhecidas do bioma Caatinga na Paraíba (Barbosa et al. 2005), está situada na Ecorregião da Depressão Sertaneja Setentrional (Carvalho & Júnior 2005), neste território, descendo pela vertente ocidental, existe flora característica de áreas secas.

A Caatinga se encontra em uma região semiárida, com características e diversidade de espécies particulares. É a única grande região natural brasileira cujos limites estão inteiramente restritos ao território nacional. Sua vegetação não apresenta a exuberância verde das florestas tropicais úmidas (Leal et al. 2005), mas é possível encontrar altas taxas de endemismo (Abílio et al. 2010), revelando-se como um ecossistema complexo, pela capacidade de adaptação de seus seres vivos à acentuada aridez do território (Silans et al. 2006).

Para as duas fitofisionomias em estudo, ambas no estado da Paraíba, trabalhos de influências de fatores bióticos e abióticos na composição e riqueza de espécies de líquens corticícolas são inexistentes, tornando a atual pesquisa inovadora para a área.

Frente a isso, esta dissertação tem como objetivo principal relacionar a composição e riqueza de espécies de líquens corticícolas em duas áreas, Caatinga e Brejo de Altitude, com fatores bióticos e abióticos como luminosidade, pH da casca e diâmetro na altura do peito (DAP) do hospedeiro.

Este trabalho é apresentado em dois capítulos. O primeiro capítulo tem como objetivo comparar a riqueza e composição de líquens corticícolas em duas

fitofisionomias, Brejo de Altitude e Caatinga, no estado da Paraíba. E o segundo capítulo, visa (i) verificar se a riqueza é influenciada pelos fatores bióticos e abióticos, luminosidade, pH da casca do hospedeiro e diâmetro à altura do peito (DAP) e (ii) analisar se esses fatores bióticos e abióticos, luminosidade, pH da casca do hospedeiro e diâmetro na altura do peito (DAP) diferem entre as áreas de estudo.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Abílio FJP, Florentino HS & Ruffo TLM. 2010. Educação Ambiental no Bioma Caatinga: formação continuada de professores de escolas públicas de São João do Cariri, Paraíba. *Ribeirão Preto: Pesq. Educ. Ambient.* 5: 171-193.

Ahmadjian V. 1965. Lichens. *Annual Review of Microbiology* 19:1-20.

Andrade-Lima D. 1966. Esboço fitoecológico de alguns “brejos” de Pernambuco. *Boletim Técnico. Instituto de Pesquisas Agronômicas de Pernambuco, IPA* 8:3-9.

Aptroot A & van Herk CM. 2007. Further evidence of the effects of global warming on lichens, particularly those with *Trentepohlia* phycobionts. *Environmental Pollution* 146: 293-298.

Barbosa MRV, Agra MF, Sampaio EVSB, Cunha JP & Andrade LA. Diversidade Florística na Mata do Pau-Ferro, Areia, Paraíba. In: Porto KC, Cabral JJP & Tabarelli M. 2004. Brejos de altitude em Pernambuco e Paraíba: história natural, ecologia e conservação. Brasília: Ministério do Meio Ambiente, 111-112p.

Barbosa MRV, Lima RB, Agra MF, Cunha JP & Pessoa MCR. Vegetação e flora fanerogâmica do Curimataú, Paraíba. In: Araújo FS, Rodal MJN & Barbosa MRV (eds). 2005. Análise das variações da biodiversidade do bioma Caatinga: suporte a estratégias regionais de conservação. Brasília: Ministério do Meio Ambiente, 124p.

Bunnell FL, Spribille T, Houde I, Goward T & Björk C. 2008. Lichens on down wood in logged and unlogged forest stands. *Canadian Journal of Forest Research* 38:1033-1041.

Cáceres MES, Lücking R & Rambold G. 2007. Phorophyte specificity and environmental parameters versus stochasticity as determinants for species composition of corticolous crustose lichen communities in the Atlantic rainforest of northeastern Brazil. *Mycological Progress* 6: 117-136.

Cáceres MES, Lücking R & Rambold G. 2008. Corticolous microlichens in northeastern, Brazil: Habitat differentiation between coastal Mata Atlântica, Caatinga and Brejos de Altitude. *The Bryologist* 111(1): 98-117.

Carlile MJ, Watkinson SC & Gooday GW. 2001. *The Fungi*. 2ed, 76p.

Carvalho VC & Júnior OJP. Diagnóstico do estado atual da cobertura vegetal em áreas prioritárias para conservação da Caatinga. In: Araújo FS, Rodal MJN & Barbosa MRV

(eds). 2005. Análise das variações da biodiversidade do bioma Caatinga: suporte a estratégias regionais de conservação. Brasília: Ministério do Meio Ambiente, 45p.

Chaparro MV & Ceballos JA. 2002. Hongos liquenizados. Universidad Nacional de Colombia, Sede Bogotá. 1ed, 9-12p.

Deacon JW. 2006. Fungal Biology. 4ed. Rev. Ed. Of: Modern mycology 268p.

Dyer LA & Letourneau DK. 2007. Determinants of Lichen Diversity in a Rain Forest Understory. *Biotropica* 39(4): 525-529.

Friedel A, Oheimb GV, Dengler J & Hardtle W. 2006. Species diversity and species composition of epiphytic bryophytes and lichens – a comparison of managed and unmanaged beech forests in NE Germany. *Lüneburg: Fedds Repertorium* 117(1,2): 172-185.

Grube M & Kroken S. 2000. Molecular approaches and the concept of species and species complexes in lichenized fungi. *Mycological Research* 104(11): 1284-1294.

Kappen L. 1988. Ecophysiological relationships in different climatic regions. *CRC Handbook of Lichenology* 2, ed. by M. GALUN. Boca Raton, CRC Press, 37-100.

Käffer MI, Ganade G, Marcelli MP. 2007. Interação entre líquens e forófitos em quatro ambientes na FLONA de São Francisco de Paula. *Revista Brasileira de Biociência* 5: 216-218.

Kirk P, Cannon PF, Minter DW, Stalpers JA. 2008. *Ainsworth & Bisby's Dictionary of the Fungi*. Centre for Agricultural Bioscience International, Wallingford, UK.

Lakatos M, Rascher U & Büdel AB. 2006. Functional characteristics of corticolous lichens in the understory of a tropical lowland rain forest. *Journal compilation. New Phytologist* 172: 679-695.

Leal IR, Tabarelli M & Silva JMC. 2005. *Ecologia e Conservação da Caatinga*. 2° ed, Recife: Ed. Universitária da UFPE. 822p.

López BF. 2006. Respostas dos Líquens a Fatores Ambientais. Fungos Líquenizados. In: Xavier Filho L, Leagz ME, Cordoba CV & Pereira EC (eds). *Biologia de Líquens*. Rio de Janeiro. Ed. Âmbito Cultural. 624p.

Lücking R, Rivas Plata E, Chaves JL, Umaña L & Sipman HJM. 2009. How many tropical lichens are there... really? *Bibliotheca Lichenologica* 100: 399-418.

Marcelli MP. 2006. Fungos Liquenizados. In: Xavier Filho L, Leagz ME, Cordoba CV & Pereira EC (eds). *Biologia de Liquens*. Rio de Janeiro. Ed. Âmbito Cultural. 624p.

Mezaka A, Brumelis G & Piterāns A. 2008. The distribution of epiphytic bryophyte and lichen species in relation to phorophyte characters in Latvian natural old-growth broad leaved forests. *Latvia: Folia Cryptog. Estonica* 44: 89-99.

Morales AE, Lücking R & Anze R. 2009. Una Introducción al Estudio de los Líquenes de Bolivia. *Universidad Católica Boliviana “San Pablo”*, 2-37p.

Nash III TH. 2008. *Lichen Biology*. Cambridge: Cambridge University Press. 2º ed. 496p.

Prado DE. 2005. As Caatingas da América do Sul. In: Leal IR, Tabarelli M & Silva JMC (eds). *Ecologia e Conservação da Caatinga*. 2º ed, Recife: Ed. Universitária da UFPE. 822p.

Purvis W. 2000. *Lichens*. The Natural History Museum, London. 51p.

Rodal MJN, Sales MF, Silva MJ & Silva AG. 2005. Flora de um Brejo de Altitude na escarpa oriental do planalto da Borborema, PE, Brasil. *Acta Botanica Brasilica* 19(4): 843-858.

Santos ACJ & Melo JIM. 2010. Flora vascular de uma área de caatinga no estado da Paraíba - Nordeste do Brasil. *Revista Caatinga* (23): 32-40.

Silans AP, Silva FM & Barbosa FAR. 2006. Determinação in loco da difusividade térmica num solo da região de caatinga (PB). *Revista Brasileira de Ciência do Solo* 30:41-48.

Silva FAB. 2011. First record of *Coprophanaeus bellicosus* (Olivier) (Coleoptera, Scarabaeidae) in a “Brejo de Altitude” forest in northeastern Brazil: a historical biogeographical approach. *Revista Brasileira de Entomologia* 55(4): 615–617.

Tabarelli M & Santos AMM. 2004. Uma breve descrição sobre a história natural dos Brejos Nordestinos. In: Porto KC, Cabral JJP & Tabarelli M. *Brejos de altitude em Pernambuco e Paraíba: história natural, ecologia e conservação*. Brasília: Ministério do Meio Ambiente, 17p.

Tavares de Melo AS & Rodriguez JL. 2003. Paraíba, desenvolvimento econômico e a questão ambiental. João Pessoa. Grafiset.

Umaña L & Sipman H. 2002. Lique nes de Costa Rica/Costa Rica Lichens. Santo Domingo de Heredia, Costa Rica: Instituto Nacional de Biodiversidad, INBio, 9-11p.

Will-Wolf S, Hawksworth DL, Mccune B, Rosentreter R & Sipman HJM. 2004. Lichenized Fungi. In: Mueller GM, Bills GF & Foster MS (eds). Biodiversity of fungi: inventory and monitoring methods. Amsterdam; Boston: Elsevier Academic Press. 777p.

# **CAPÍTULO 1**

**Líquens Corticícolas Crostosos em Área de Brejo de Altitude e Caatinga no Estado da Paraíba, Brasil**

## **Líquens Corticícolas Crostosos em Área de Brejo de Altitude e Caatinga no Estado da Paraíba, Brasil**

Amanda Barreto Xavier Leite<sup>1</sup>, Leandro de Sousa Souto<sup>1</sup>, André Aptroot<sup>2</sup> & Marcela Eugenia da Silva Cáceres<sup>3</sup>

<sup>1</sup> Programa de Pós-Graduação em Ecologia e Conservação, Universidade Federal de Sergipe, CEP: 49100-000, São Cristóvão, Sergipe, Brasil.

<sup>2</sup> ABL Herbarium, G.v.d.Veenstraat 107, NL-3762 XK Soest, The Netherlands.

<sup>3</sup> Departamento de Biociências, Universidade Federal de Sergipe, CEP: 49500-000, Itabaiana, Sergipe, Brasil.

**RESUMO:** Os líquens são associações simbióticas de um fungo, quase sempre do Filo Ascomycota, com uma ou mais espécies de algas ou cianobactérias. Desempenham papéis essenciais como colonizadores pioneiros de habitats, favorecendo o crescimento de outros organismos, incluindo superfícies de rocha e minerais e solos instáveis. São especialmente hábeis em acumular nutrientes do meio ambiente através da absorção diretamente do ar, inclusive armazenando poluentes atmosféricos. O presente trabalho testou a hipótese de que a riqueza e composição de espécies de líquens corticícolas são distintas para as duas áreas estudadas, devido à diferença do tipo de vegetação. Em duas fitofisionomias, Caatinga e Brejo de Altitude, no estado da Paraíba, foram demarcados cinco transectos de 100m cada, paralelamente demarcados a cada 25m, distantes um do outro. Em cada transecto, foram demarcados pontos a cada 10m, sendo 50 pontos para cada área. Em cada ponto foi amostrada a árvore mais próxima na qual foi observada a presença de talos líquênicos, na altura de 0,5m até 1m em relação ao solo. Foram analisadas a riqueza e composição para cada área. Ao todo foram coletadas 755 amostras, sendo 18 famílias, 44 gêneros e 121 espécies de microlíquens corticícolas. A Caatinga obteve maior riqueza (74 espécies), com 50 espécies registradas para o Brejo de Altitude. Com relação à composição de espécies, as áreas foram bastante diferentes, tendo apenas, em comum, quatro famílias, Graphidaceae, Monoblastiaceae, Pyrenulaceae e Roccellaceae, cinco gêneros, Anisomeridium, Glyphis, Graphis, Opegrapa e Pyrenula, e três espécies, Glyphis scyphulifera (Ach.) Staiger, Graphis leptocarpa Fée e G. pinicola Zahlbr. Devido a poucos estudos realizados sobre a diversidade de espécies de líquens, especificamente microlíquens corticícolas, em vegetação tropical, esta pesquisa se torna uma das primeiras realizadas no Nordeste

brasileiro com intuito de comparar riqueza e composição para duas diferentes fitosionomias. Deste modo, os resultados aqui apresentados são um incremento importante ao conhecimento de líquens corticícolas para o Brasil, mais precisamente na região semiárida e do brejo paraibano.

**Palavras-chave:** Microlíquens corticícolas, Riqueza, Composição, Reserva Muralha, Mata Pau-Ferro

**ABSTRACT:** The lichens are symbiotic associations between a fungus, usually an Ascomycota, and an algae and/or cyanobacteria. They play an essential role as pioneer organisms in ecological succession and enable the growth of other organisms on harsh habitats including rock and mineral surfaces, unstable arid soils. Lichens are especially skilled in accumulating nutrients from the atmosphere and are so efficient in this regard that they tend to accumulate air pollutants. The present study tested the hypothesis that the species richness and composition of corticolous lichens are different for the two studied areas, due to the difference on the type of vegetation. In two forest types, Caatinga and Brejo de Altitude, in the state of Paraíba, five transects were delimited with 100 m each, and 25 m apart from each other. In each transect, one sampling unit was delimited every 10 m, with a total of 50 points for each area. At each point the nearest tree was sampled and all lichen thalli removed in an area of 1.5 m along the stem (tree trunk) from the ground, disregarding the first 0.5 m above the ground. Species richness and composition were analyzed for each area. A total of 755 samples were collected, comprising 18 families, 44 genera and 121 species of corticolous lichens. Of these species, the Caatinga had greater species richness (74 species), with only 50 species for the Brejo de Altitude. The species composition was quite different for each area having only in common four families, Graphidaceae, Monoblastiaceae, Pyrenulaceae and Roccellaceae; five genera, Anisomeridium, Glyphis, Graphis, Opegrapa and Pyrenula; and three species, Glyphis scyphulifera (Ach.) Staiger, Graphis leptocarpa Fée and G. pinicola Zahlbr. There are few studies on species diversity of lichens, specifically microlichens for tropical vegetation. Thus the present research becomes one of the first undertaken with the purpose of comparing species richness and composition for two different vegetation types.

**Key-words:** Lichens corticolous, Diversity, Caatinga, Brejo de Altitude

## INTRODUÇÃO

Os líquens são associações simbióticas entre um fungo, quase sempre do Filo Ascomycota, com uma ou mais espécies de algas ou cianobactérias (Carlile 2001). Os fungos liquenizados Ascomycotas provavelmente representam o maior componente da biodiversidade em todo o reino dos fungos, sendo 96% para as espécies de líquens conhecidas (Deacon 2006). O parceiro fúngico geralmente contribui para a maior parte da biomassa na simbiose líquênica, incluindo a superfície externa, por isso denominado de exohabitante, enquanto as células dos fotobiontes unicelulares e filamentosas são chamadas de endohabitante por sua localização interna no talo líquênico (Grube & Kroken 2000). Com relação a sua nomenclatura, os nomes científicos que se aplicam aos líquens se referem exclusivamente ao fungo (Hawksworth et al. 2005; Grube & Kroken 2000).

Os líquens constituem uma porção significativa da biodiversidade das florestas em todo o mundo (DeBolt et al. 2007), mas o conhecimento da distribuição dos líquens atualmente conhecidos é limitado (Flakus et al. 2006), com poucos dados existentes ainda sobre a diversidade de microlíquens crostosos, em especial no Nordeste do Brasil (Cáceres 2007).

Há cerca de 17.000 espécies de líquens em todo o mundo (Deacon 2006; Feuerer & Hawksworth 2007; Grube & Kroken 2000; Webster & Weber 2007). Para Feuerer & Hawksworth (2007), um cálculo preciso é limitado por vários fatores: primeiro, os conceitos de espécies em vários grupos permanecerem instáveis; segundo, há inúmeros problemas taxonômicos não resolvidos, especialmente nos líquens crostosos, e, terceiro, a micota líquênica em diversas áreas do mundo, especialmente em regiões tropicais é ainda subexplorada.

Diante de poucos estudos desenvolvidos em relação à diversidade de espécies de líquens, especificamente microlíquens (Cáceres 2007; Cáceres et al. 2008a), poucos são os trabalhos desenvolvidos no Brasil. No entanto, alguns estudos importantes foram desenvolvidos na região Sul (Dal Forno 2009; Fleig & Riquelme 1991; Fleig & Filho 1990; Käffer & Mazzitelli 2005; Käffer et al. 2010; Martins & Marcelli 2011; Martins et al. 2011; Spielmann 2006), como também, na região Sudeste com identificação e descrição de gêneros de líquens crostosos em área de manguezal (Benatti & Marcelli 2007), novos registros de líquens corticícolas para Minas Gerais (Aptroot 2002) e o inventário de líquens em duas áreas de Mata Atlântica no estado de Minas Gerais

(Lombardi et al. 1999). Outro trabalho de suma importância no estudo de diversidade de fungos liquenizados realizado no Brasil foi desenvolvido por Cáceres et al. (2012), na Amazônia brasileira, resultando em novas espécies e combinações de microlíquens corticícolas.

Para a região Nordeste, estudos de riqueza e composição de líquens foram desenvolvidos por Menezes et al. (2011) com registros de novas ocorrências para o semiárido Alagoano e por Cáceres (2007) com amostragem de líquens corticícolas crostosos e microfoliosos para três fitofisionomias distintas, Caatinga, Brejo de Altitude e Zona da Mata (Mata Atlântica). Para diferentes tipos de vegetação, Cáceres et al. (2008a) desenvolveu um estudo de riqueza e composição de espécies de líquens corticícolas crostosos e microfoliosos em relação a 22 localidades.

Com estudo da riqueza de líquens corticícolas, Cáceres et al. (2007, 2008b) relacionaram com aspectos ecológicos, como também um inventário de líquens corticícolas para algumas áreas de Mata Atlântica nos estados de Pernambuco e Alagoas por Pereira et al. (2005). Mais recentemente, foram desenvolvidos estudos ecológicos em áreas semiáridas de Alagoas e Sergipe, resultando também em levantamento de espécies de microlíquens (Rodrigues 2012; Cavalcante 2012)

O estado da Paraíba pode ser considerado uma área em que poucos estudos de líquens corticícolas foram desenvolvidos. Podem ser citados um estudo da família Cladoniaceae no nordeste brasileiro, incluindo Paraíba (Ahti et al 1993), e análise do líquen *Cladonia verticillaris* (Raddi) Fr. coletado na Paraíba (Villarouco et al. 2007). Assim, pouco se sabe sobre os líquens corticícolas do nordeste do Brasil (Cáceres 2007), em particular as espécies crostosas e microfoliosas do estado da Paraíba.

Os Brejos de Altitude Nordestinos são considerados enclaves da Mata Atlântica, formando ilhas de floresta úmida em plena região semiárida, tendo uma condição climática bastante atípica e privilegiada quanto à umidade do ar e do solo, temperatura, vegetação, cobertura vegetal e elevada biodiversidade, com pouco conhecimento sobre sua vegetação e ecologia (Andrade-Lima 1966; Andrade et al. 2006). Para o estado da Paraíba, a Mata do Pau-Ferro constitui um dos poucos remanescentes florestais dos Brejos de Altitude do interior do Nordeste, sendo um dos mais representativos tanto em extensão, quanto pela sua localização (Oliveira et al. 2006). A vegetação do Parque Estadual Mata do Pau-Ferro apresenta-se como um mosaico formado por floresta e capoeiras em diferentes estágios de sucessão ecológica,

constituindo assim um importante universo para se estudar a composição, a dinâmica e a estrutura do componente arbustivo-arbóreo (Oliveira et al. 2006).

A Caatinga é um mosaico de arbustos espinhosos e florestas sazonalmente secas que cobre a maior parte dos estados do Piauí, Ceará, Rio Grande do Norte, Paraíba, Pernambuco, Alagoas, Sergipe, Bahia e a parte nordeste de Minas Gerais, no vale do Jequitinhonha (Leal et al. 2005). No Estado da Paraíba, dois terços da área total correspondem ao ecossistema Caatinga. Estende-se por cerca de 4/5 da superfície do seu território, abrangendo as regiões do Sertão, Cariri, Seridó e Curimataú (Tavares de Melo & Rodriguez 2003). A área de Curimataú, umas das regiões menos conhecidas do bioma Caatinga na Paraíba (Barbosa et al. 2005), abrange uma área de 3.334 Km<sup>2</sup>, constituído por 10 municípios (PTDRS 2010), entre eles, o município de Cuité, onde foi desenvolvido o presente estudo.

A composição de espécies de uma determinada área refere-se a quais espécies estão presentes, ou seja, a lista de espécies propriamente dita, e a riqueza de espécies, por sua vez, pode ser expressa como o número de “tipos” de componentes (espécies) por unidade de espaço (Odum & Barrett 2008). No caso dos macrofungos, por exemplo, a riqueza de espécies pode ser estimada como o número de espécies de fungos encontrados em seus hospedeiros, incluindo aqui também os fungos liquenizados (Schmit 2005). O presente estudo tem como objetivo analisar a diversidade de líquens corticícolas em duas fitofisionomias, Caatinga e Brejo de Altitude, comparando a riqueza e composição para as duas áreas de estudo, testando a hipótese de que a riqueza e composição de espécies de líquens corticícolas são distintas para as duas áreas, devido à diferença do tipo de vegetação.

## MATERIAL E MÉTODOS

### Áreas de estudo

A coleta de líquens para o desenvolvimento do presente trabalho foi realizada no mês de Julho de 2012, em áreas de Brejo de Altitude e Caatinga, no estado da Paraíba, Brasil. A área de Brejo de Altitude foi o Parque Estadual Mata do Pau-Ferro, no município de Areia, e a área de Caatinga estudada foi a Reserva Muralha, no município de Cuité (Figura 1).



**Figura 1:** Mapa do estado da Paraíba, localização das áreas de coleta. Fonte: PTDRS 2010, adaptado.

### Parque Estadual Mata do Pau-Ferro

O Parque Estadual Mata do Pau-Ferro é uma Unidade de Conservação (UC) de domínio estadual, criada pelo Decreto 14.832 de 01 de outubro de 1992. Este parque, conhecido também como Mata Pau-Ferro, está localizado na Microrregião do Brejo Paraibano ( $6^{\circ} 58'S$ ;  $35^{\circ} 42'W$ ), com uma área de aproximadamente 600 ha, numa altitude variável entre 400 e 600 m e situado a 5 Km a oeste da cidade de Areia, no estado da Paraíba (Figura 1) (Andrade et al. 2006; Barbosa et al. 2004). Segundo

Oliveira et al. (2006), a condição climática desses Brejos se deve pelo efeito orográfico da frente oriental do Planalto da Borborema. Ali, a orografia proporciona precipitações elevadas para o contexto regional, torna as temperaturas mais amenas e modifica o clima, possibilitando a ocorrência da Floresta Ombrófila Aberta, formação típica da faixa litorânea, além de apresentar uma vegetação como um mosaico formado por floresta e capoeiras em diferentes estágios de sucessão ecológica (Figura 2).



**Figura 2:** Representação da área do Parque Estadual Mata do Pau-Ferro, localizado na região dos Brejos Paraibanos, município de Areia (a) e local de coleta dentro do Parque Estadual (b).

### **Reserva Muralha**

A Reserva Particular denominada Reserva Muralha (Figura 3), com um total de 300 ha e altitude de 530,35 m (06° 36'S; 36° 12'W), situa-se no município de Cuité, Paraíba (Figura 1). O município de Cuité está localizado na região centro-norte do Estado da Paraíba, Meso-Região Agreste Paraibano e Micro-Região Curimataú Ocidental (CPRM 2005). Na região do Curimataú, descendo pela vertente ocidental, existe flora característica de áreas secas. A Caatinga do Curimataú apresenta semelhanças com a Caatinga do Cariri Paraibano. Os tipos de vegetação vão desde caatinga arbustiva aberta a arbórea (com gradações intermediárias), a matas secas e matas úmidas (PTDRS 2010; Barbosa et al. 2005), formada por Florestas Subcaducifólica e Caducifólica (CPRM 2005).



**Figura 3:** Representação da Reserva Muralha, na região do semiárido paraibano, município de Cuité (a) e área de coleta de líquens corticícolas (b).

### **Coleta do material biológico**

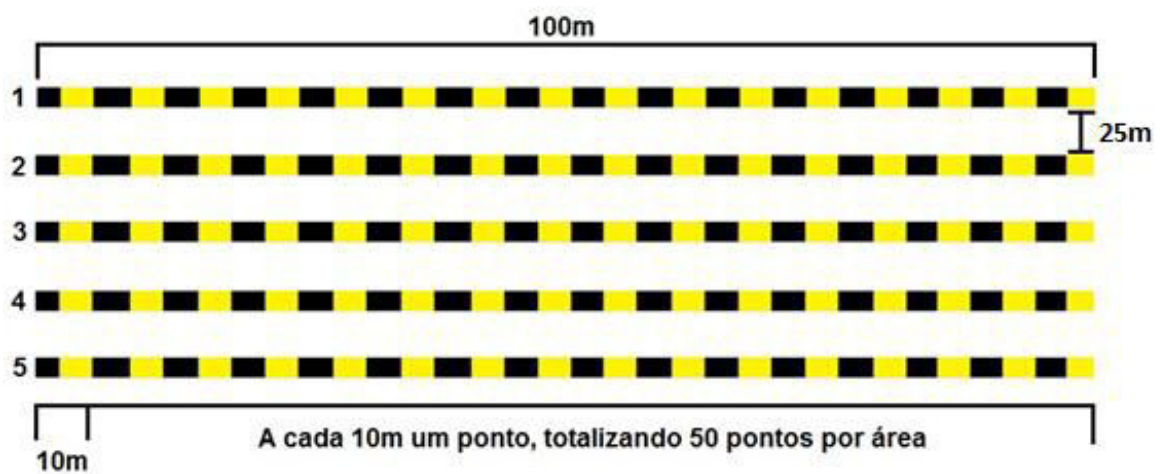
Para a coleta dos líquens crostosos foram demarcados cinco transectos de 100 m cada, seguindo metodologia adaptada de Cáceres et al. (2007), paralelamente demarcados a cada 25 m. Em cada transecto, foram demarcados pontos a cada 10 m, sendo 50 pontos para cada área e o total de 100 pontos (Figura 4). Para os 100 pontos demarcados foram adotados como escolha há presença de talos líquênicos na altura de 0,5 m até 1 m em relação ao solo.

Para a retirada do talo líquênico crostoso no córtex das árvores utilizou-se de faca e martelo. As amostras foram imediatamente guardadas em envelopes de papel, onde foram registrados local, transecto e número do ponto.

### **Processamento e identificação das amostras**

Ainda em campo, o material coletado foi secado com auxílio de prensas botânicas utilizando jornais e papelão em temperatura ambiente. Na Universidade Federal de Sergipe, em Itabaiana, Campus Prof. Alberto Carvalho, no Laboratório de Liquenologia (LALIQ), Departamento de Biociências (DBCI), foram confeccionadas excisatas das amostras em papel cartão de 14 x 7 cm, com devida informação do local e

ponto de coleta. Para identificação das espécies de líquens crostosos, foram feitas secções no talo e ascoma com auxílio de lupa e lâmina de aço de barbear, como também testes de reações histoquímicas utilizando solução aquosa de hidróxido de potássio (KOH) a 10% (observação de reações com compostos secundários) e solução lugol a 2% (para reações amilóide e dextrinóide) comumente empregados em taxonomia de fungos liquenizados, além de auxílio de bibliografia especializada (Cáceres 2007; Lücking et al. 2009; Lücking et al. 2011; Rivas-Plata et al. 2006; Schumm & Aptroot 2010; Sipman et al. 2012).



**Figura 4:** Desenho amostral dos transectos demarcados nas áreas de Caatinga e Brejo de altitude para coleta de líquens corticícolas.

## **Análises estatísticas dos dados**

### **Análise da Riqueza**

A riqueza de espécies entre as áreas foi comparada por meio de modelos lineares generalizados (GLM's), tipo de Regressão utilizada para analisar relações entre variáveis contínuas (Gotelli & Ellison 2011), sendo a riqueza de espécies de líquens corticícolas utilizada como a variável resposta e as duas fitofisionomias as variáveis explicativas.

Essas análises foram realizadas utilizando o software R (R Development Core Team 2008, Version 2.14.2). Os modelos mínimos foram obtidos através da retirada de variáveis não significativas ( $p > 0,05$ ) (Crawley 2007).

## **Análise da Composição de espécies**

Para o estudo da composição de espécies entre as áreas foi analisado o grau de semelhança através do Índice de Similaridade de Sørensen (1948):

$$S = 2 \times n_{\text{comum}} / (n_a + n_b)$$

Onde, S = índice de similaridade;  $n_{\text{comum}}$  = número de espécies em comum entre duas localidades "a" (Brejo de Altitude) e "b" (Caatinga) comparados;  $n_a$  = número total de espécies na localidade "a";  $n_b$  = número total de espécies na localidade "b". Desta forma, o índice varia entre 0 (desigualdade absoluta) e 1 (igualdade absoluta).

Através do programa estatístico Paleontological Statistics (PAST) (Hammer et al. 2001), a composição de espécies de líquens foi associada entre as áreas de estudo, utilizando-se de técnicas de ordenação com Escalonamento Multidimensional não-métrico (NMDS), a partir do índice de Jaccard. Por conseguinte, foi avaliado o nível de stress, sabendo que este reflete o quão bem a ordenação resume as distâncias observadas entre as amostras (Holland 2008). Um valor baixo de stress indica que as distâncias no diagrama refletem bem as distâncias originais (Melo & Hepp 2008).

Além disso, foi realizado o estudo da similaridade de presença ou ausência de espécies entre a Caatinga e Brejo de Altitude com a análise de agrupamento de Cluster (Cáceres et al. 2008a), utilizando o índice de distância de Sørensen pelo programa computacional PC-ORD for Windows, versão 5.0 (McCune & Mefford 2006).

## RESULTADOS

### Riqueza e composição de espécies

Foi amostrado um total de 755 espécimes, correspondente a 19 famílias, 47 gêneros e 121 espécies para as duas áreas de estudo (Tabela 1). Destes, 11 espécies são consideradas neste trabalho como novos registros para a região Nordeste, 22 são registradas pela primeira vez para o Brasil e quatro são novas ocorrências para América do Sul (Figura 5). Vale salientar que, devido à inexistência de trabalhos sobre líquens crostosos para a Paraíba, todas as espécies aqui apresentadas são também novas ocorrências para o estado.

**Tabela 1:** Famílias e táxons registrados para as áreas de Caatinga e Brejo de Altitude no estado da Paraíba, bem como as novas ocorrências para o Nordeste (NE), Brasil (BR) e América do Sul (AS).

<b>Família/Táxons</b>	<b>CA</b>	<b>B.A</b>	<b>Novas ocorrências</b>
<b>Arthoniaceae</b>			
<i>Arthonia antillarum</i> (Fée) Nyl.	x		NE
<i>Arthonia complanata</i> Fée	x		
<i>Arthonia parantillarum</i> Aptroot	x		BR
<i>Arthonia</i> sp.	x		
<i>Arthothelium</i> sp.	x		
<i>Stirtonia microspora</i> A.B. Xavier-Leite, M. Cáceres & Aptroot sp. nova	x		
<i>Stirtonia nitida</i> A.B. Xavier-Leite, M. Cáceres & Aptroot sp. nova	x		
<i>Stirtonia nivea</i> A.B. Xavier-Leite, M. Cáceres & Aptroot sp. nova	x		
<b>Caliciaceae</b>			
<i>Amandinea extenuata</i> Müll. Arg.	x		

<i>Buellia yaucoensis</i> Vain.	x	BR
<i>Cratiria obscurior</i> (Stirton) Marbach & Kalb	x	
<i>Dirinaria confluens</i> (Fr.) D. D. Awashti	x	
<i>Dirinaria leopoldii</i> (Stein) D. D. Awasthi	x	
<i>Hafellia bahiana</i> Malme	x	
<i>Hafellia curatellae</i> (Malme) Marbach	x	
<i>Hafellia desertica</i> Marbach	x	
<i>Hafellia dissa</i> (Stirt.) H. Mayrhofer & Sheard	x	NE
<i>Hyperphyscia adglutinata</i> (Flörke) H. Mayrhofer & Poelt	x	NE
<i>Physcia krogiae</i> Moberg	x	
<i>Pyxine berteriana</i> (Fée) Imsh.	x	

### **Chrysothrichaceae**

<i>Chrysothrix xanthina</i> (Vain.) Kalb	x	
--	---	--

### **Coenogoniaceae**

<i>Coenogonium chloroticum</i> A.B. Xavier-Leite, M. Cáceres & Aptroot sp. nova	x	
<i>Coenogonium luteocitrinum</i> Rivas Plata, Lücking & Umaña	x	
<i>Coenogonium nepalense</i> (G. Thor & Vězda) Lücking, Aptroot & Sipman	x	AS
<i>Coenogonium saepincola</i> Aptroot, Sipman & Lücking	x	BR
<i>Coenogonium siquirrense</i> f. <i>denticulatum</i> Rivas Plata & Lücking	x	BR
<i>Coenogonium subfallaciosum</i> (Vězda & Farkas) Lücking, Aptroot & Sipman	x	BR

### **Eremithallaceae**

<i>Eremithallus marusae</i> R. Miranda, Gaya & Lücking	x	AS
--	---	----

## Graphidaceae

<i>Chapsa discoides</i> (Stirt.) Lücking	x		NE
<i>Diorygma poitaei</i> (Fée) Kalb, Staiger & Elix		x	
<i>Fissurina aggregatula</i> Common & Lücking		x	AS
<i>Fissurina incrustans</i> Fée		x	
<i>Fissurina pseudostromatica</i> Lücking & Rivas Plata		x	AS
<i>Fissurina</i> sp.		x	
<i>Glyphis scyphulifera</i> (Ach.) Staiger	x	x	
<i>Graphis albissima</i> Müll. Arg.	x		BR
<i>Graphis arbusculaeformis</i> (Vain.) Lücking	x		
<i>Graphis cincta</i> (Pers.) Aptroot	x		BR
<i>Graphis conferta</i> Zenker	x		
<i>Graphis furcata</i> Fée	x		
<i>Graphis glaucescens</i> Fée		x	
<i>Graphis gonimica</i> Zahlbr.	x		BR
<i>Graphis handelii</i> Zahlbr.	x		
<i>Graphis homichlodes</i> Redinger		x	
<i>Graphis kelungana</i> Zahlbr.	x		BR
<i>Graphis leptocarpa</i> Fée	x	x	
<i>Graphis lineola</i> Ach.	x		
<i>Graphis oxyclada</i> Müll. Arg.	x		
<i>Graphis pavoniana</i> Fée	x		
<i>Graphis pinicola</i> Zahlbr.	x	x	
<i>Graphis submarginata</i> Lücking	x		
<i>Graphis</i> sp.	x		
<i>Leucodecton expallescens</i> (Nyl.) Rivas Plata & Lücking	x		BR
<i>Leucodecton occultum</i> (Eschw.) Frisch	x		BR
<i>Myriotrema clandestinoides</i> Sipman & Lücking		x	NE
<i>Ocellularia obturascens</i> (Nyl.) Hale		x	BR
<i>Phaeographis brasiliensis</i> (A. Massal.) Kalb & Matthes-Leicht		x	
<i>Phaeographis neotricosa</i> Redinger		x	

<i>Sarcographa labyrinthica</i> (Ach.) Müll. Arg.	x	
<b>Gyalectaceae</b>		
<i>Ramonia intermedia</i> Kalb	x	
<i>Ramonia microspora</i> Vězda	x	BR
<b>Lecanoraceae</b>		
<i>Haematomma persoonii</i> (Fée) A. Massal.	x	
<i>Lecanora achroa</i> Nyl.	x	
<i>Lecanora helva</i> Stizenb.	x	
<i>Lecanora tropica</i> Zahlbr.	x	
<i>Lecanora</i> sp.	x	
<i>Ramboldia haematites</i> (Fée) Kalb	x	
<b>Malmideaceae</b>		
<i>Malmidea</i> aff. <i>granifera</i> (Ach.) Kalb, Rivas Plata & Lumbsch	x	
<i>Malmidea</i> aff. <i>piperis</i> (Spreng.) Kalb, Rivas Plata & Lumbsch	x	
<i>Malmidea atlantica</i> Cáceres & Kalb	x	
<i>Malmidea furfurosa</i> (Tuck. ex Nyl.) Kalb & Lücking	x	
<i>Malmidea granifera</i> (Ach.) Kalb, Rivas Plata & Lumbsch	x	
<i>Malmidea gyalectoides</i> (Vain.) Kalb & Lücking	x	
<i>Malmidea leptoloma</i> (Müll. Arg.) Kalb & Lücking	x	
<i>Malmidea leucopiperis</i> sp.nov.	x	
<i>Malmidea piperis</i> (Spreng.) Kalb, Rivas Plata & Lumbsch	x	
<i>Malmidea vinosa</i> (Eschw.) Kalb, Rivas Plata & Lumbsch	x	
<b>Monoblastiaceae</b>		
<i>Anisomeridium albisedum</i> (Nyl.) R.C. Harris	x	BR

<i>Anisomeridium tamarindii</i> (Fée) R. C. Harris	x	
<b>Mycoporaceae</b>		
<i>Mycoporum eschweileri</i> (Müll. Arg.) R.C. Harris	x	BR
<b>Pertusariaceae</b>		
<i>Pertusaria dehiscens</i> Müll. Arg.	x	
<i>Pertusaria flavens</i> Nyl.	x	
<i>Pertusaria quassiae</i> (Fée) Nyl.	x	
<b>Porinaceae</b>		
<i>Porina conspersa</i> Malme	x	
<i>Porina curtula</i> Malme	x	
<i>Porina imitatrix</i> Müll. Arg.	x	
<i>Porina nucula</i> Ach.	x	
<i>Porina subepiphylla</i> Lücking & Vězda	x	
<i>Porina subpungens</i> Malme	x	NE
<b>Pyrenulaceae</b>		
<i>Pyrenula anomala</i> (Ach.) Vain.	x	
<i>Pyreneula aspistea</i> (Ach.) Ach.	x	NE
<i>Pyrenula brunnea</i> Fée	x	NE
<i>Pyrenula infraleucotrypa</i> Aptroot & M. Cáceres	x	NE
<i>Pyrenula inframamillana</i> Aptroot & M. Cáceres	x	NE
<i>Pyrenula quassiicola</i> Fée	x	
<i>Pyrenula septicollaris</i> (Eschw.) R. C. Harris	x	
<i>Pyrenula subglabrata</i> (Nyl.) Müll. Arg.	x	BR
<b>Ramalinaceae</b>		
<i>Bacidia cuyabensis</i> Malme	x	NE
<b>Roccellaceae</b>		
<i>Chiodecton malmei</i> G. Thor	x	

<i>Dirina</i> aff. <i>approximata</i> Zahlbr.	x	
<i>Enterographa compunctula</i> (Nyl.) Redinger	x	
<i>Enterographa sipmanii</i> Sparrius	x	
<i>Enterographa subserialis</i> (Nyl.) Redinger	x	BR
<i>Mazosia ocellata</i> (Nyl.) R. C. Harris	x	
<i>Opegrapha aperiens</i> Vain	x	NE
<i>Opegrapha contracta</i> Vain.	x	
<i>Opegrapha cylindrica</i> Raddi	x	
<i>Opegrapha robusta</i> Raddi	x	
<i>Opegrapha</i> sp.	x	
<i>Sclerophyton elegans</i> Eschw.	x	

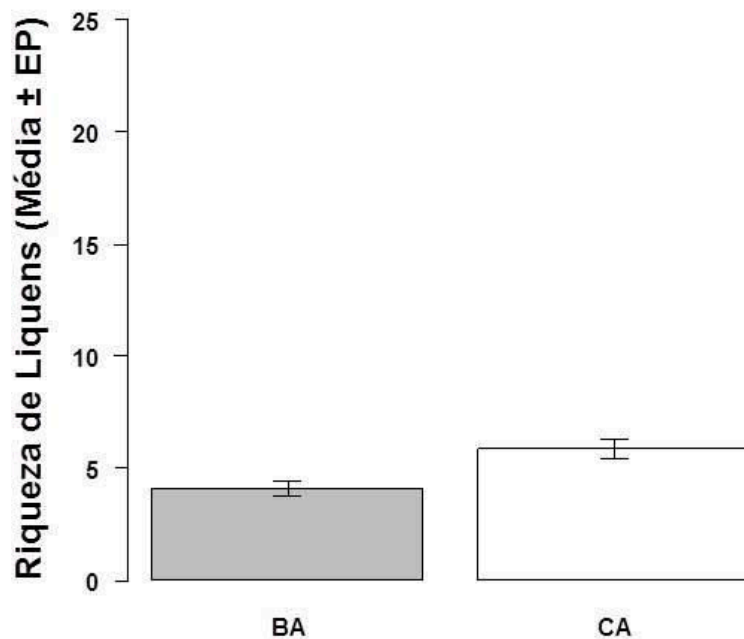
### **Strigulaceae**

<i>Strigula phaea</i> (Tuck.) R. C. Harris	x	BR
--	---	----

### **Trypetheliaceae**

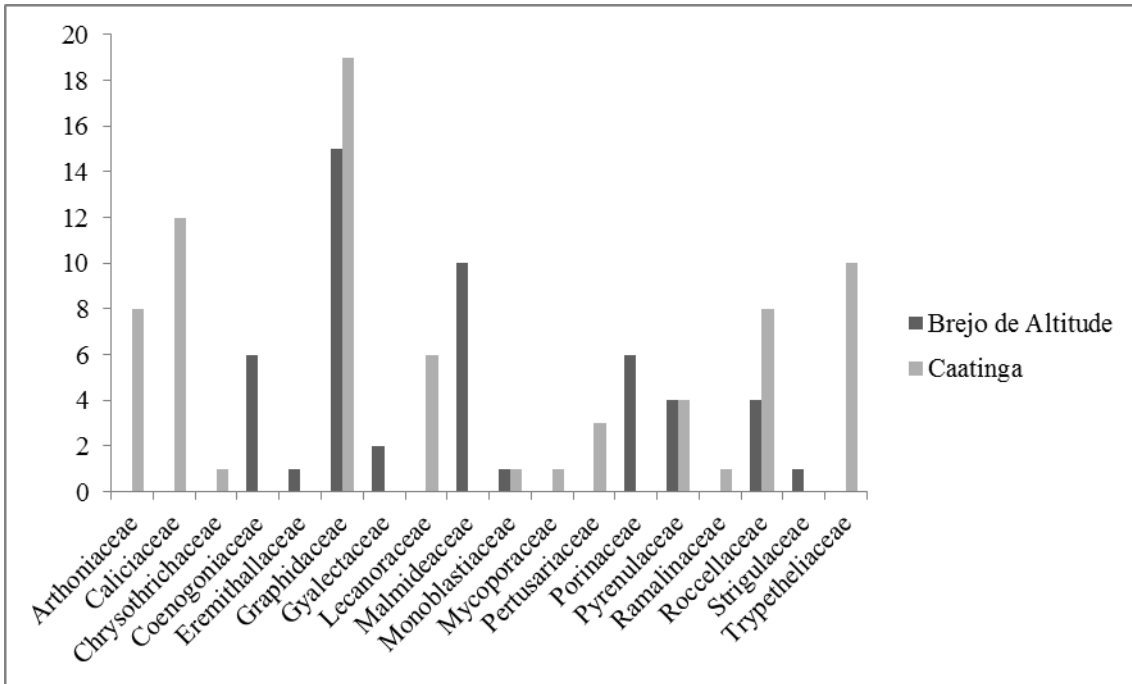
<i>Arthopyrenia cinchonae</i> (Ach.) Müll. Arg.	x	
<i>Mycomicrothelia oleosa</i> Aptroot	x	NE
<i>Polymeridium proponens</i> (Nyl.) R. C. Harris	x	BR
<i>Polymeridium isohypocrellinum</i> A.B. Xavier-Leite, M. Cáceres & Aptroot sp. nova	x	
<i>Polymeridium quinquesepatum</i> (Nyl.) R. C. Harris	x	BR
<i>Trypethelium aeneum</i> (Eschw.) Zahlbr.	x	
<i>Trypethelium eluteriae</i> Spreng.	x	
<i>Trypethelium ochroleucum</i> (Eschw.) Nyl.	x	
<i>Trypethelium subeluteriae</i> Makhija & Patw.	x	
<i>Trypethelium tropicum</i> (Ach.) Müll. Arg.	x	

A riqueza por ponto diferiu para as duas áreas, sendo o maior número de espécies encontrado na Reserva Muralha, região de Caatinga, com o total de 74 espécies (Gráfico 1), tendo o Parque Estadual Mata do Pau Ferro, área do Brejo de Altitude, 50 espécies identificadas ( $p = 5.071e-05$ ). Dentre as espécies registradas para a área de Caatinga (Figura 6), 71 espécies (59%) ocorreram exclusivamente neste bioma e 47 táxons (39%) foram exclusivos para o Brejo de Altitude (Figura 7).

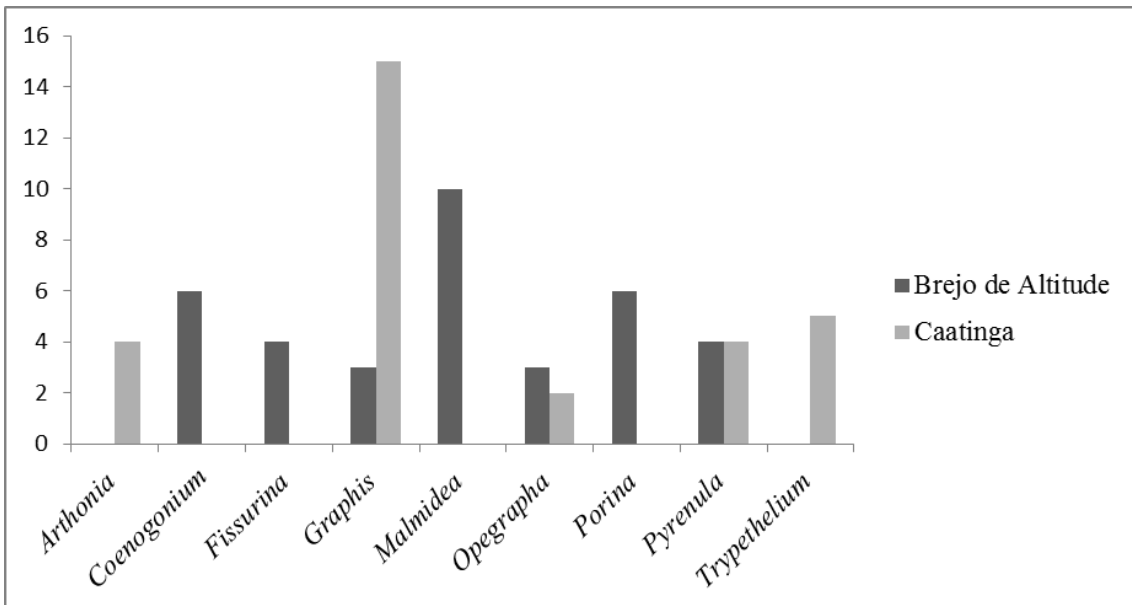


**Figura 5:** Média da riqueza de espécies de líquens corticícolos para as duas áreas, sendo significativo ( $p < 0.05$ ) para a área de Caatinga.

As famílias que apresentaram maior riqueza de espécies para a Caatinga foram a Graphidaceae, com 19 espécies, e Caliciaceae com 12 espécies. Ainda na Caatinga, o gênero *Graphis* foi o mais representativo com 16 espécies (Gráfico 2). Para o Brejo, foram as famílias Graphidaceae, com 15 espécies, e Malmideaceae, com 10 espécies, que apresentaram o maior número de espécies, porém nesta fitofisionomia o gênero *Malmidea* foi o mais representativo com 10 espécies (Gráfico 3).



**Figura 6:** Famílias mais representativas em número de espécies para a Reserva Muralha (Caatinga) e Mata do Pau-Ferro (Brejo de Altitude).



**Figura 7:** Os gêneros mais representativos em número de espécies para as áreas de estudo, sendo o gênero *Graphis* para a Caatinga e o gênero *Malmidea* para o Brejo de Altitude, Paraíba, Brasil.

## Similaridade na composição de espécies entre as áreas

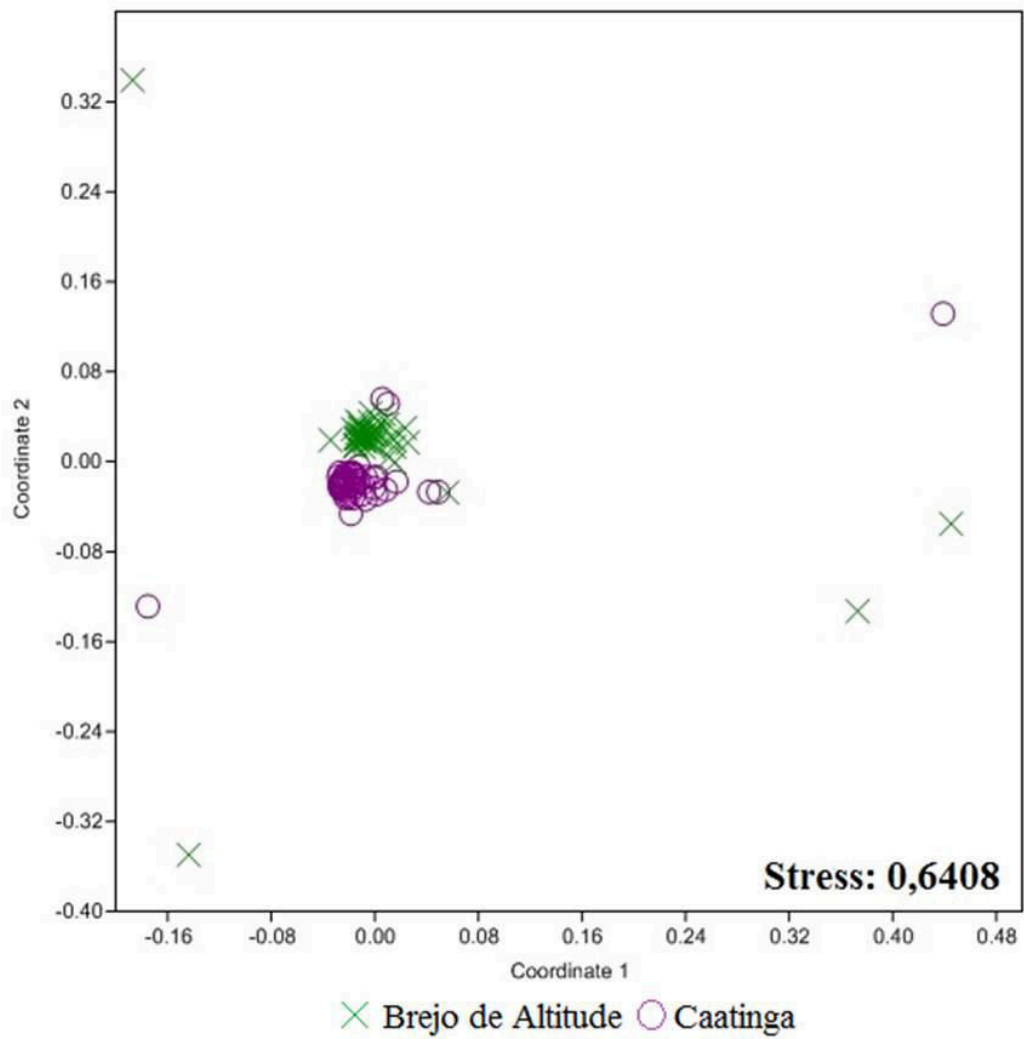
Exclusivamente para a área de Brejo de Altitude foram encontradas as Famílias Coenogoniaceae, Eremithallaceae, Gyalectaceae, Malmideaceae, Porinaceae e Strigulaceae, e os gêneros Coenogonium, Eremithallus, Diorygma, Fissurina, Myriotrema, Ocellularia, Phaeographis, Sarcographa, Ramonia, Malmidea, Porina, Mazosia e Strigula.

Restritos à Caatinga, por outro lado, foram as Famílias Arthoniaceae, Caliciaceae, Chrysothrichaceae, Lecanoraceae, Mycoporaceae, Pertusariaceae, Ramalinaceae e Trypetheliaceae, e os gêneros Arthonia, Arthothelium, Stirtonia, Arthopyrenia, Mycomicrothelia, Amandinea, Chrysothrix, Chapsa, Leucodecton, Haematomma, Lecanora, Ramboldia, Mycoporum, Pertusaria, Buellia, Cratiria, Dirinaria, Hafellia, Pyxine, Physcia, Hyperphyscia, Bacidia, Chiodecton, Dirina, Enterographa, Sclerophyton, Polymeridium e Trypethelium.

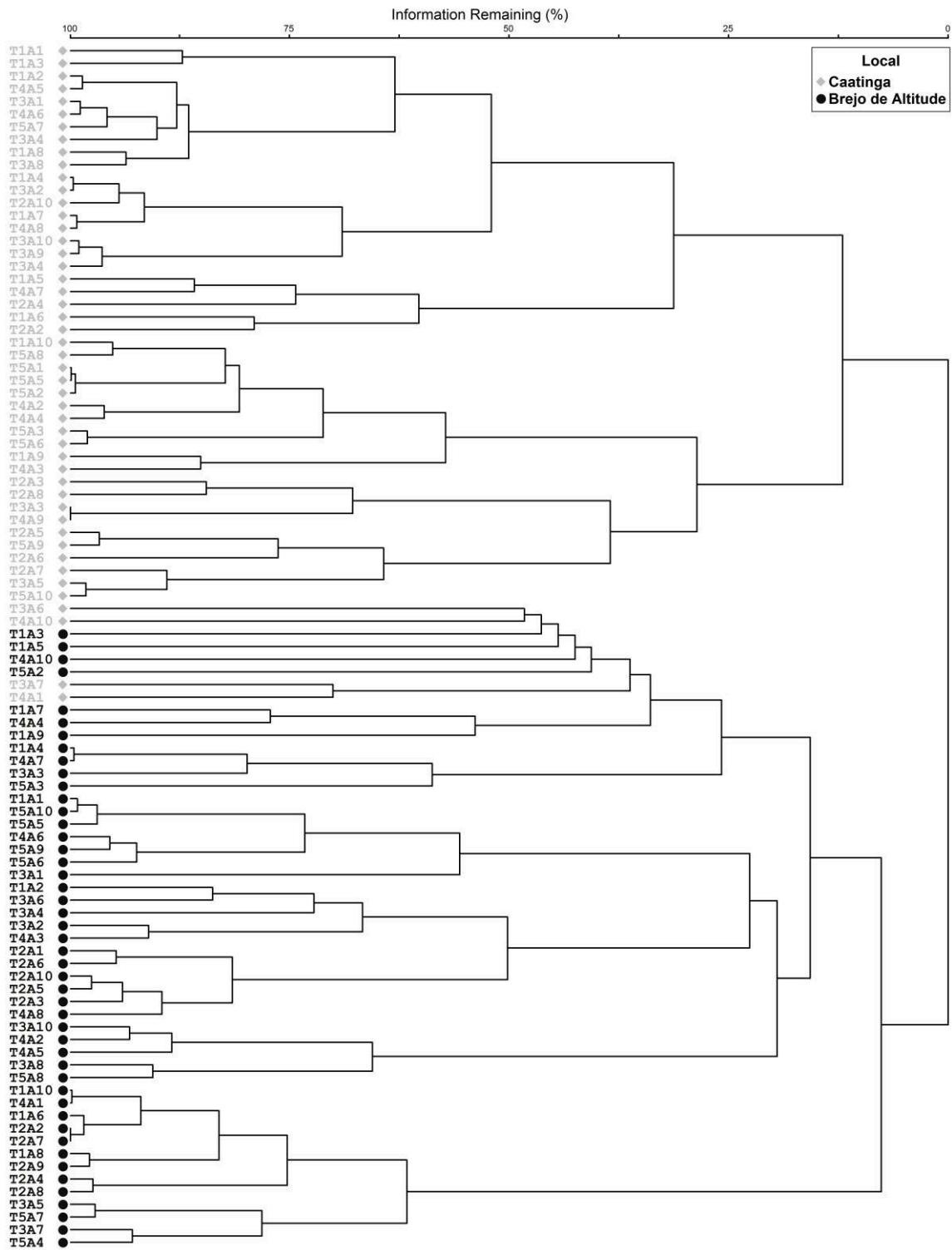
As famílias Graphidaceae, Monoblastiaceae, Pyrenulaceae e Roccellaceae e apenas cinco gêneros, Anisomeridium, Glyphis, Graphis, Opegrapa e Pyrenula, e três espécies, *Glyphis scyphulifera* (Ach.) Staiger, *Graphis leptocarpa* Fée e *Graphis pinicola* Zahlbr., foram encontrados tanto no Brejo quanto na Caatinga.

Na análise de similaridade de Sørensen (1948), essa pouca relação entre a composição de espécies para as áreas se torna nítida com o valor de 4% de espécies compartilhadas, sabendo que este índice varia entre 0 (desigualdade absoluta) e 1 (igualdade absoluta).

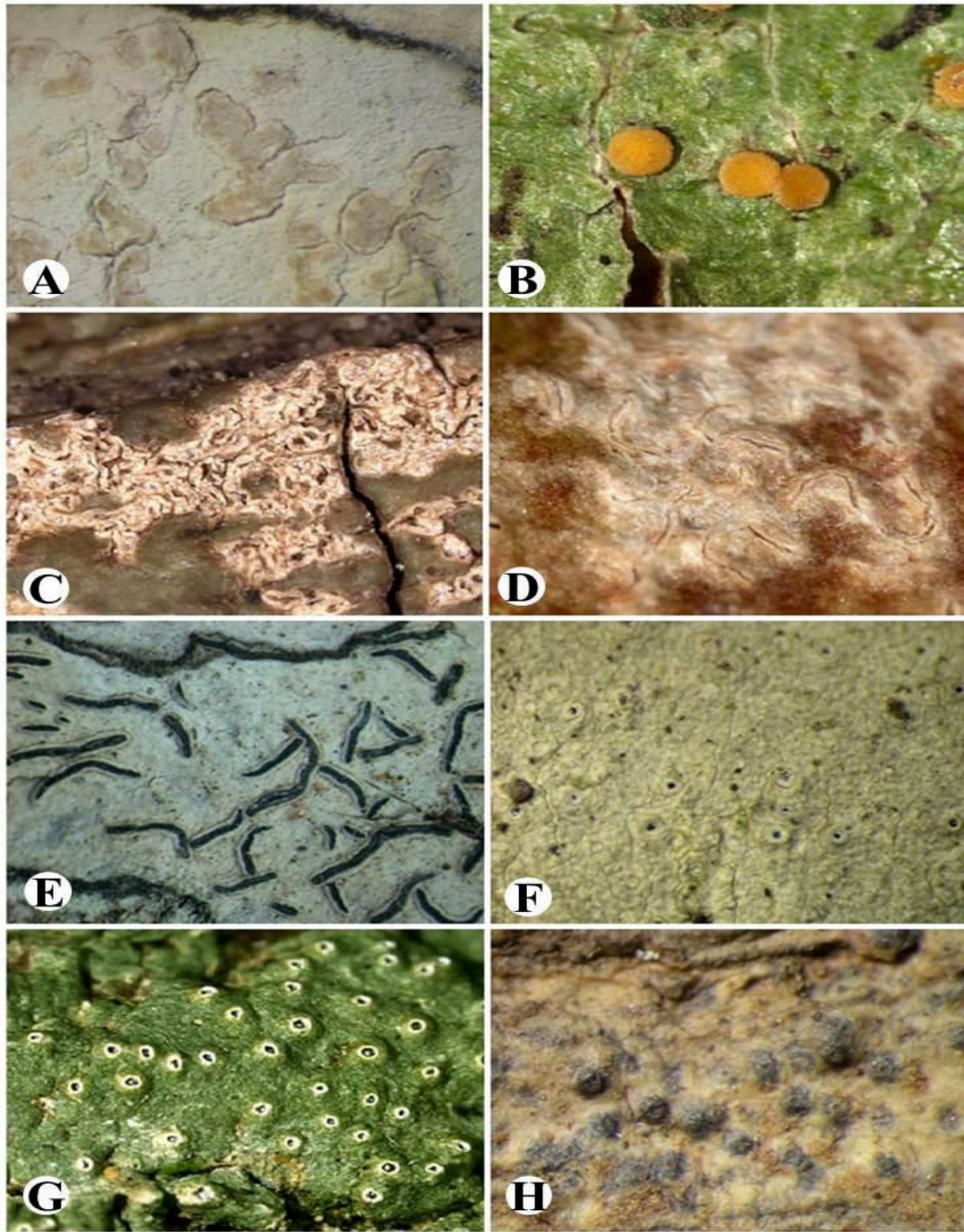
Para a ordenação com Escalonamento Multidimensional não-métrico (NMDS), observa-se mais uma evidência da baixa similaridade na composição de líquens para cada área, sendo o valor de stress de 0,6408 (Gráfico 4). Isso também é evidenciado na análise de Cluster, onde a composição para cada área apresentou-se em dois grupos distintos, sendo o grupo **A** representado pelas espécies de líquens para a área de Caatinga e o grupo **B**, pra a área de Brejo de Altitude (Gráfico 5).



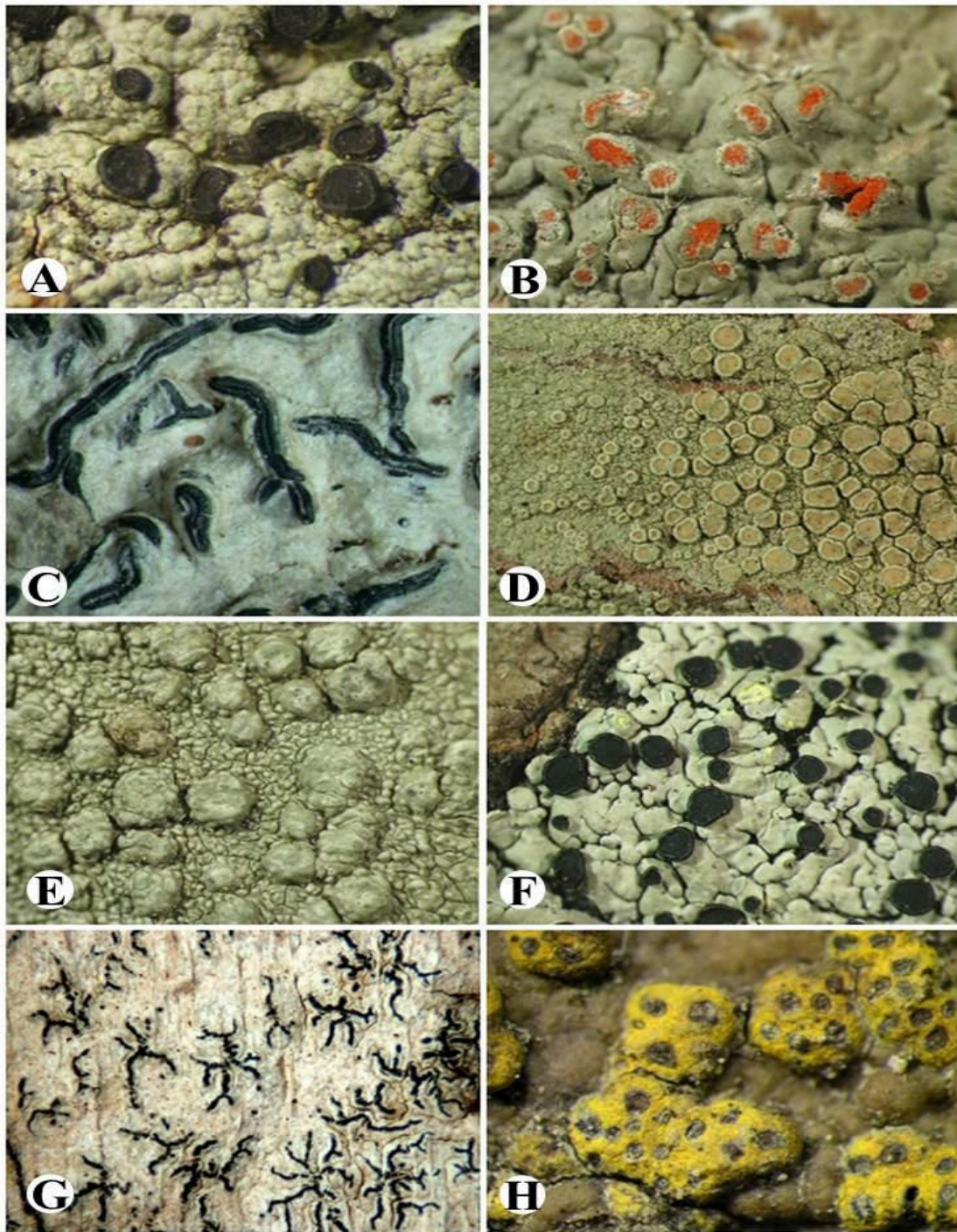
**Figura 8:** Composição de espécies de líquens corticícolos em áreas de Brejo de Altitude e Caatinga, Paraíba, Brasil.



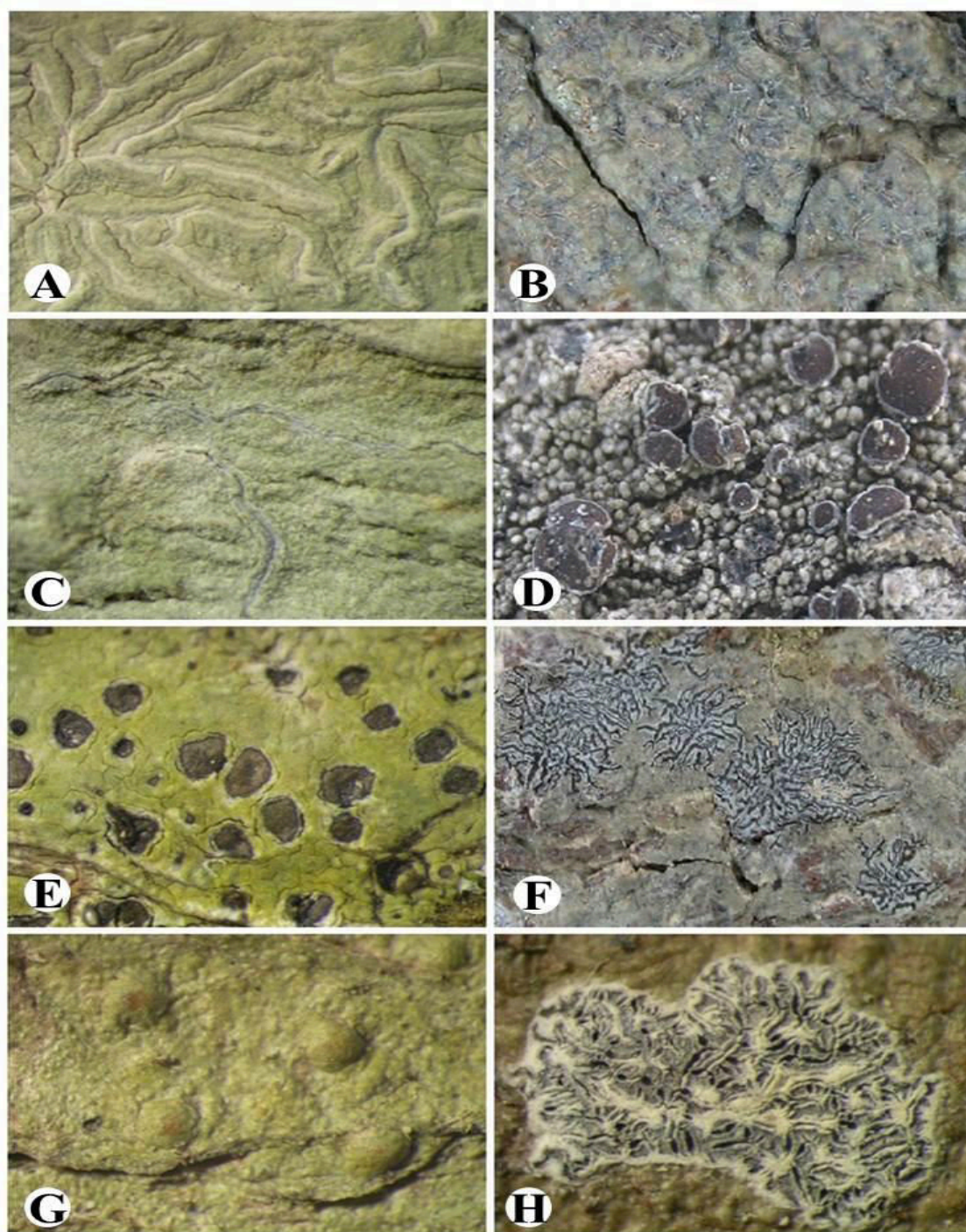
**Figura 9:** Estudo da similaridade de espécies de líquens cortícolas entre as áreas de Caatinga e Brejo de Altitude, através da análise de Cluster.



**Figura 10:** Novos registros para o Nordeste (NE), Brasil (BR) e América do Sul (AS) de líquens corticícolas amostrados para o Brejo de Altitude (B.A) e Caatinga (CA) no estado da Paraíba. (A) *Arthonia antillarum* (CA/NE), (B) *Coenogonium nepalense* (B.A/AS), (C) *Fissurina aggregatula* (B.A/AS), (D) *Fissurina pseudostromatica* (B.A/AS), (E) *Graphis cincta* (CA/BR), (F) *Leucodecton occultum* (CA/BR), (G) *Ocellularia obturascens* (B.A/BR) e (H) *Pyrenula aspistea* (CA/NE).



**Figura 11:** Espécies de líquens corticícolas referente à Reserva Muralha, na região de Caatinga, Paraíba, Brasil. (A) *Cratiria obscurior*, (B) *Dirinaria leopoldii*, (C) *Graphis oxyclada*, (D) *Lecanora achroa*, (E) *Pertusaria quassiae*, (F) *Pyxine berteriana*, (G) *Enterographa sipmanii* e (H) *Trypethelium eluteriae*.



**Figura 12:** Espécies de líquens corticícolas para o Parque Estadual Mata do Pau-Ferro, situado na região de Brejo de Altitude, Paraíba, Brasil. (A) *Diorygma poitaei*, (B) *Fissurina incrustans*, (C) *Graphis glaucescens*, (D) *Malmidea granifera*, (E) *Mazosia ocellata*, (F) *Phaeographis neotricosa*, (G) *Porina nucula* e (H) *Sarcographa labyrinthica*.

## DISCUSSÃO

Para o Parque Nacional Mata do Pau-Ferro, não há estudo sobre líquens, apenas estudos sobre a diversidade, análise e comparação florística de fanerógama da região dos Brejos Paraibanos em geral e do parque (Andrade et al. 2006, Barbosa et al. 2005, Pôrto et al. 2004 e Oliveira et al. 2006). Para a Reserva Muralha, esta foi a primeira coleta e pesquisa desenvolvida para a área e para o estudo de líquens corticícolos, sendo as espécies aqui citadas novos registros para o estado da Paraíba.

Os resultados para riqueza entre as áreas mostraram uma grande quantidade de espécies de líquens corticícolos para a Caatinga, comparado com Cáceres et al. (2008a), onde o Brejo indicou uma maior diversidade geral. Essa diferença pode ter ocorrido devido à disparidade de análise amostral, já que, Cáceres et al. (2008b) demonstraram que a técnica de amostragem a ser escolhida é fundamental para estimar a riqueza de espécies de líquens dentro de uma determinada área, indicando o método utilizado neste trabalho como o ideal e mais eficientes para inventários de líquens crostosos.

Outra possível justificativa quanto à menor riqueza para as áreas de Brejo, em geral, seria uma possível competição entre todos os organismos presentes nos hospedeiros selecionados. Segundo Pôrto et al. (2005), a flora de briófitas nas áreas de Brejo no estado da Paraíba é significativa, principalmente quanto aos componentes epifíticos, havendo uma possível semelhança quanto ao papel ecológico desses organismos e sabendo que, uma possível competição entre os mesmos provoca uma substituição que muda a estrutura da comunidade ao longo da árvore (Martins & Marcelli 2011).

No entanto, a baixa similaridade na composição de espécies demonstrada pelo índice de Sørensen (1948), com o valor de 4% de espécies entre as áreas, corroborou com Cáceres et al. (2008a), quando as diferenças na composição de espécies entre as áreas estudadas por estes autores foram mais acentuadas entre Caatinga e Brejo. Isso confirma então que as comunidades de líquens da Caatinga são muito distintas de comunidades de Brejos de Altitude (Cáceres et al. 2008a).

Quanto à composição de espécies, a alta ocorrência de Graphidaceae para as duas áreas, sendo Graphis o gênero mais comum para a Caatinga e a Malmidea para o Brejo de Atitude, também está de acordo com o que foi encontrado anteriormente por Cáceres (2007), mostrando também que a Família Graphidaceae é um importante componente da micota liquenizada tropical em geral, abundante nos dois biomas, e

Malmideaceae uma família exclusiva de ambientes naturais mais fechados como as florestas tropicais de planície e de altitude.

Dentre as espécies de líquens encontradas em área de Caatinga, outros estudos mostraram que estas são características para o bioma. Os táxons aqui registrados e que foram previamente citados para outras áreas de Caatinga, por exemplo, em Pernambuco foram *Anisomeridium tamarindii* (Fée) R. C. Harris, *Chrysothrix xanthina* (Vain.) Kalb, *Enterographa sipmanii* Sparrius e *Graphis oxyclada* Müll. Arg (Cáceres 2007); em Alagoas, temos *Graphis arbusculaeformis* (Vain.) Lücking, *G. handelii* Zahlbr., *Hafellia bahiana* Malme, *H. curatellae* (Malme) Marbach e *H. desertica* Marbach (Menezes et al. 2011; Cavalcante 2012). Para o semiárido de Sergipe e Alagoas, já foi registrada *Graphis lineola* Ach. (Cavalcante 2012; Rodrigues 2012), em Pernambuco e Alagoas, *Dirinaria confluens* (Fr.) D. D. Awashti, *Lecanora helva* Stizenb. e *Pyxine berteriana* (Fée) Imsh (Cáceres 2007; Menezes et al. 2011; Cavalcante 2012), e para os estados de Alagoas, Pernambuco e Sergipe, as espécies previamente citadas foram *Cratiria obscurior* (Stirton) Marbach & Kalb, *Dirinaria leopoldii* (Stein) D. D. Awashti, *Graphis submarginata* Lücking, *Haematomma personii* (Fée) A. Massal., *Pertusaria dehiscens* Müll. Arg., *P. flavens* Nyl. e *Ramboldia haematites* (Fée) Kalb (Cáceres 2007; Menezes et al. 2011; Cavalcante 2012; Rodrigues 2012).

As espécies correspondentes ao Brejo de Altitude foram semelhantes às espécies previamente citadas para Mata Atlântica e outros Brejos nordestinos, já que a floresta típica dos brejos de altitude guarda forte semelhança com a floresta úmida litorânea, ou seja, Mata Atlântica (Andrade et al. 2006). As citadas anteriormente para áreas de Mata Atlântica no Nordeste, mais precisamente no estado de Alagoas por Cáceres (2007) foram *Fissurina incrustans* Fée, *Porina curtula* Malme, e *P. conspersa* Malme. Para o Brejo de Altitude e Mata Atlântica nos estados de Alagoas, Sergipe, Pernambuco e Rio Grande do Norte, foram *Coenogonium luteocitrinum* Rivas Plata, Lücking & Umaña, *Diorygma poitaei* (Fée) Kalb, Staiger & Elix, *Graphis glaucescens* Fée, *Malmidea* aff. *granifera* (Ach.) Kalb, Rivas Plata & Lumbsch, *M. aff. pipers* (Spreng.) Kalb, Rivas Plata & Lumbsch, *M. cf. piperis* (Spreng.) Kalb, Rivas Plata & Lumbsch, *M. atlantica* (M. Cáceres & Lücking) M. Cáceres & Kalb, *M. furfurosa* (Tuck. ex Nyl.) Kalb & Lücking, *M. granifera* (Ach.) Kalb, *M. gyalectoides* (Vain.) Kalb & Lücking, *M. pipers* (Spreng.) Kalb, Rivas Plata & Lumbsch, *Mazosia ocellata* (Nyl.) R. C. Harris, *Opegrapha cylindrica* Raddi, *Phaeographis neotricosa* Redinger, *Ramonia intermedia* Kalb e *Sarcographa labyrinthica* (Ach.) Müll. Arg.

Algumas espécies encontradas apenas para a Caatinga como, *Arthonia complanata* Fée, *Arthothelium* sp., *Chiodecton malmei* G. Thor, *Enterographa compunctula* (Nyl.) Redinger, *Graphis pavoniana* Fée, *Lecanora achroa* Nyl., *Lecanora tropica* Zahlbr, *Pertusaria quassiae* (Fée) Nyl., *Polymeridium proponens* (Nyl.) R. C. Harris, *Pyrenula quassicola* Fée, *Sclerophyton elegans* Eschw. *Trypethelium aeneum* (Eschw.) Zahlbr, *T. eluteriae* Spreng., *T. ochroleucum* (Eschw.) Nyl., *T. subeluteriae* Makhija & Patw e *T. tropicum* (Ach.) Müll. Arg., já foram previamente descritas para áreas de Brejo de Altitude e Mata Atlântica (Cáceres 2007; Cáceres et al. 2008; Rodrigues 2012; Cavalcante 2012). Do mesmo modo, as espécies *Malmidea leptoloma* (Müll. Arg.) Kalb & Lücking, *Malmidea vinosa* (Eschw.) Kalb, Rivas Plata & Lumbsch, *Pyrenula septicollaris* (Eschw.) R. C. Harris e *Phaeographis brasiliensis* (A. Massal.) Kalb & Matthes-Leicht, encontradas aqui apenas para a área de Brejo, já haviam sido citadas anteriormente para áreas de Caatinga em outros estudos (Cáceres 2007; Cáceres et al. 2008; Rodrigues 2012; Cavalcantes 2012).

Dentre as espécies em comum para as duas áreas, apenas a *Glyphis scyphulifera* (Ach.) Staiger já foi previamente citada para Caatinga e Mata Atlântica no nordeste brasileiro (Cáceres 2007), sendo *Graphis leptocarpa* Fée e *G. pinicola* Zahlbr. anteriormente citadas apenas para a Caatinga por Menezes et al. (2011) e Rodrigues (2012). Sabendo que os Brejos de Altitude são considerados encaves da Mata Atlântica, formando ilhas de floresta úmida em plena região semiárida (Andrade-Lima 1966), o aparecimento de espécies comuns para área de Caatinga em áreas de Brejo deve ocorrer pelo fato de áreas do Brejo estarem sendo mais degradadas, onde pode ser observado o efeito de borda, com a vegetação ficando mais aberta em alguns locais (Cáceres et al. 2007).

Essa distinção entre as espécies de líquens corticícolos entre as duas áreas foi evidente nos resultados apresentados através da ordenação com Escalonamento Multidimensional não-métrico (NMDS) e na análise de agrupamento de cluster, com a formação de dois grupos isolados em relação aos pontos representados pela área de Caatinga e pelo Brejo de Altitude..

Quanto aos novos registros de líquens corticícolos para a região Nordeste, as espécies *Amandinea extenuata* Müll. Arg., *Hafellia dissa* (Stirt.) H. Mayrhofer & Sheard, *Opegrapa aperiens* Vain e *Pyrenula brunnea* Fée foram antes citadas para o Rio Grande do Sul, pelo meio de checklist para o estado por Spielmann (2006).

*Pyrenula inframamillana* Aptroot & M. Cáceres é citada por Aptroot et al. (2013, no prelo) para o estado de Rondônia.

A respeito dos novos registros para o Brasil, as espécies *Anisomeridium albisedum* (Nyl.) R.C. Harris, *Pyrenula aspistea* (Ach.) Ach. e *Strigula phaea* (Tuck.) R. C. Harris foram anteriormente referenciadas por Aptroot et al. (2008) para a Costa Rica, assim como *Chapsa discoides* (Stirt.) Lücking, *Myriotrema clandestinoides* Sipman & Lücking, *Leucodecton expallescens* (Nyl.) Rivas Plata & Lücking, *L. occultum* (Eschw.) Frisch e *Ocellularia obturascens* (Nyl.) Hale citadas para o mesmo país por Sipman et al. (2012). Também com registros anteriores para a Costa Rica, Rivas-Plata et al. (2006) citam as espécies *Coenogonium nepalense* (G. Thor & Vězda) Lücking, Aptroot & Sipman, *C. siquirrense* f. *denticulatum* Rivas Plata & Lücking e *C. subfallaciosum* (Vězda & Farkas) Lücking, Aptroot & Sipman.

Igualmente, são novos registros para o país *Arthonia parantillarum* Aptroot citada para Taiwan por Aptroot & Sparrius (2003), *Buellia yaucoensis* Vainio mencionada por Marbach (2000) para o Caribe. Lücking et al. (2009) citam *Ramonia microspora* Vězda para a Argentina, além de *Graphis gonimica* Zahlbr. referenciada para China.

Para a América do Sul, como novos registros, *Coenogonium saepincola* Aptroot, Sipman & Lücking é citada por Rivas-Plata et al. (2006) para a Costa Rica, *Eremithallus marusae* R. Miranda, Gaya & Lücking foi previamente mencionada por Lumbsch et al. (2011) para o México, além de *Fissurina aggregatula* Common & Lücking citada por Lücking et al. (2011) para os Estados Unidos e *F. pseudoestromatica* Lücking & Rivas Plata também referenciada para a Colômbia por Espitia (2011).

## CONCLUSÃO

Pouco se tem na literatura a respeito da diversidade de líquens corticícolos para o estado da Paraíba. Sendo assim, esta pesquisa se torna de suma importância para o entendimento da riqueza e composição de espécies para o Brejo de Altitude e a Caatinga, bem como para servir como base e incentivo para novos estudos a serem desenvolvidos para a área da Liquenologia como um todo.

Além da contribuição para a busca do entendimento dos fungos liquenizados, através dos novos registros para a região Nordeste, para o Brasil e América do Sul, este trabalho tende a contribuir para que se torne necessária a realização de novas pesquisas para a região semiárida e dos Brejos de Altitude na Paraíba e no nordeste brasileiro, buscando através do conhecimento taxonômico, novas informações para que se possa, conseqüentemente, conhecer e preservar tais fitofisionmias. Com o reconhecimento de novas espécies para a ciência, damos ênfase com o presente trabalho ao potencial biológico da região, cuja diversidade biológica ainda está longe de ser totalmente conhecida.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Ahti T, Stenroos S & Xavier Filho L. 1993. The lichen family Cladoniaceae in Paraíba, Pernambuco and Sergipe, Northeast Brazil. *Tropical Bryology* 7: 55-70.

Andrade LA, Oliveira FX, Nascimento IS, Fabricante JR, Sampaio EVSB & Barbosa MRV. 2006. Análise florística e estrutural de matas ciliares ocorrentes em brejo de altitude no município de Areia, Paraíba: *Revista Brasileira de Ciências Agrárias* 1: 31-40.

Andrade-Lima D. 1966. Esboço fitoecológico de alguns “brejos” de Pernambuco. *Boletim Técnico. Instituto de Pesquisas Agronômicas de Pernambuco*, IPA 8:3-9.

Aptroot, A. 2002. New and interesting lichens and lichenicolous fungi in Brazil. *Fungal Diversity* 9: 15-45.

Aptroot A & Sparrius LB. 2003. New microlichens from Taiwan. *Fungal Diversity* 14: 1-50.

Aptroot A, Lücking R, Sipman HJM, Umaña L & Chaves JL. 2008. Pyrenocarpous lichens with bitunicate asci A first assessment of the lichen biodiversity inventory in Costa Rica. *Bibliotheca Lichenologica*, 162p.

Aptroot, A., Sipman, H.J.M. & Cáceres, M.E.S. 2013. Twenty-one new species of *Pyrenula* from South America, with a note on over-mature ascospore. *The Lichenologist* 1: 40 (no prelo).

Barbosa MRV, Lima RB, Agra MF, Cunha JP & Pessoa MCR. *Vegetação e flora fanerogâmica do Curimataú, Paraíba*. In: Araújo FS, Rodal MJN & Barbosa MRV (eds). 2005. *Análise das variações da biodiversidade do bioma Caatinga: suporte a estratégias regionais de conservação*. Brasília: Ministério do Meio Ambiente, 124p.

Benatti, M.N. & Marcelli, M.P. 2007. Gêneros de fungos liquenizados dos manguezais do sul-sudeste do Brasil, com enfoque no manguezal do Rio Itanhaém, São Paulo. *Acta Botanica Brasilica* 21: 863-878.

Cáceres, M.E.S. 2007. Corticolous crustose and microfoliose lichens of northeastern Brazil. *Libri Botanici* 22: 1-168.

Cáceres, M.E.S.; Lücking, R. & Rambold, G. 2007. Phorophyte specificity and environmental parameters versus stochasticity as determinants for species composition of corticolous crustose lichen communities in the Atlantic rain forest of northeastern Brazil. *Mycological Progress* 6(3): 117-136.

Cáceres, M.E.S.; Lücking, R. & Rambold, G. 2008a. Corticolous Microlichens in Northeastern Brazil: Habitat Differentiation Between Coastal Mata Atlântica, Caatinga and Brejos de Altitude. *The Bryologist* 111(1): 98-117.

Cáceres MES, Lücking R & Rambold G. 2008b. Efficiency of sampling methods for accurate estimation of species richness of corticolous microlichens in the Atlantic rainforest of northeastern Brazil. *Biodiversity and Conservation* 17: 1285–1301.

Cáceres MES, Vieira TS, Jesus LS & Lücking R. 2012. New and interesting lichens from the Caxiuanã National Forest in the Brazilian Amazon. *The Lichenologist* 44(6): 807–812.

Cavalcante JG. 2012. Fatores associados à estrutura da comunidade de líquens corticícolos crostosos em duas áreas de caatinga no Estado de Alagoas. Dissertação (Mestrado). Universidade Federal de Sergipe, São Cristóvão. 67p.

Carlile MJ, Watkinson SC & Gooday GW. 2001. *The Fungi*. 2ed, 76p.

Crawley MJ. 2007. *Statistical computing – an introduction to data analysis using s-plus*. John Wiley & Sons, London, UK.

Dal-Forno M. 2009. Família Graphidaceae (Ascomycota Liqueenizados) em Restinga em Pontal do Sul, Pontal do Paraná. Dissertação (Mestrado). Universidade Federal do Paraná, Curitiba. 158p.

Deacon JW. 2006. *Fungal Biology*. 4ed. Rev. Ed. Of: *Modern mycology* 268p.

DeBolt AM, Rosentreter R & Martin EP. 2007. Macrolichen diversity in subtropical forests of north-central Florida. *The Bryologist* 110(2), pp. 254–265.

Espitia AJR. 2011. Composición de la flora de líquenes corticícolos en el Caribe colombiano. Dissertação (mestrado). Universidad Nacional de Colombia, 196p.

Feurerer, T. & Hawksworth, D.L. 2007. Biodiversity of lichens, including a world-wide analysis of checklist data based on Takhtajan's floristic regions. *Biodiversity and Conservation*.

Flakus A, Kukwa M & Czarnot P. 2006. Some interesting records of lichenized and lichenicolous ascomycota from South America. *Polish Botanical Journal* 51(2): 209–215.

Fleig M & Filo JW. 1990. Gêneros dos líquens saxícolas, corticícolos e terrícolas do Morro Santana, Porto Alegre, RS, Brasil. *Acta Botanica Brasilica* 4(2): 73-99.

Fleig M & Riquelme I. 1991. Líquens de Piraputanga, Mato Grosso do Sul, Brasil. *Acta Botanica Brasilica* 5(1): 3-12.

Gotelli NJ & Ellison AM. 2011. *Princípios de estatística em ecologia*. Porto Alegre: Artmed. 528p.

Grube M & Kroken S. 2000. Molecular approaches and the concept of species and species complexes in lichenized fungi. *Mycological Research* 104 (11): 1284-1294.

Hammer Ø, Harper DAT & Ryan PD. 2001. Past: Paleontological Statistics Software Package for Education and Data Analysis. *Palaeontologia Electronica* 4(4): 1-9.

Hawksworth DL, Iturriaga T & Crespo A. 2005. Líquenes como bioindicadores inmediatos de contaminación y cambios medio-ambientales en los trópicos. *Revista Iberoamericana de Micología* 22: 71-82.

Holland SM. 2008. Non – Metric Multidimensional Scaling (MDS). Department of Geology, University of Georgia, Athens, 1-7p.

Käffer MI & Mazzitelli SMAM. 2005. Fungos liquenizados corticícolas e terrícolas da área da sub-bacia dos Sinos e Taquari- Antas, RS, Brasil. *Acta Botanica Brasilica* 19(4): 813-817.

Käffer MI, Cáceres MES, Vargas VMF & Martins SMA. 2010. Novas ocorrências de líquens corticícolas crostosos para a região sul do Brasil. *Acta Botanica Brasilica* 24(4): 948-951.

Leal IR, Silva JMC, Tabarelli M & Lacher JrT. 2005. Mudando o curso da conservação da biodiversidade na Caatinga no nordeste do Brasil. *Megadiversidade* 1: 139-146.

Lombardi JA, Salino A, Toledo FRN e Marques MS. 1999. Líquens e outros organismos epifílicos em *Conchocarpus macrophyllus* J.C. Mikan no Parque Estadual do Rio Doce, Minas Gerais, Brasil. *Brazilian Journal of Botany* 22(3): 437-441.

Lücking R, Archer AW & Aptroot A. 2009. A world-wide key to the genus *Graphis* (Ostropales: Graphidaceae). *The Lichenologist* 45(4/5): 1-90.

Lücking R, Seavey F., R. S. Common, S. Q. Beeching, O. Breuss, W. R. Buck, L. Crane, M. Hodges, B. P. Hodkinson, E. Lay, J. C. Lendemer, R. T. McMullin, J. A. Mercado-Díaz, M. P. Nelsen, E. Rivas Plata, W. Safranek, W. B. Sanders, H. P. Schaefer Jr. & J. Seavey. 2011. The lichens of Fakahatchee Strand Preserve State Park, Florida: Proceedings from the 18th Tuckerman Workshop. *Bulletin of the Florida Museum of Natural History* 49(4): 127–186.

Lumbsch HT, Altermann S, Ahti T, Aptroot A, Staiger B, Amo de Paz G, Arup U, Bárcenas Peña A, Bawingan PA, Benatti MN, Betancourt L, Björk CR, Boonpragob K, Brand M, Bungartz F, Cáceres MES, Candan M, Clerc P, Common R, Coppins B J,

Crespo A, Dal-Forno M, Divakar PK, Duya MV, Elix JA, El Vebakk A, Fankhauser JD, Farkas E, Ferraro LI, Fischer E, Galloway DJ, Gaya E, Giralt M, Goward T, Grube M, Hafellner J, Hernadez JEM, Herrera MA, Kalb K, Kärnefelt I, Kantvilas G, Killmann D, Kirika P, Knudsen K, Komposch H, Kondratyuk S, Lawrey JD, Mangold A, Marcelli MP, Messuti MI, Michlig A, González RM, Moncada B, Naikatini A, Nelsen MP, Ovstedal DO, Palice Z, Paponk K, Parnmen S, Pérez-Ortega S, Printzen C, Rico VJ, Rivas Plata E, Robayo J, Rosabal D, Ruprecht U, Allen NS, Sancho L, De Jesus LS, Santos TV, Schultz M, Seaward MRD, Sérusiaux E, Schmitt I, Sipman HJM, Sohrabi M, Schting US, Gaard MZ, Sparrius LB, Spielmann A, Spribille T, Sutjaritturakan J, Thammathaworn A, Thell A, Thor G, Thüs H, Timdal E, Truong C, Türk R, Umaña LT, Upreti DK, Van Den Boom P, Vivas Rebuelta M, Wedin M, Will-Wolf S, Wirth V, Wirtz N, Yahr R, Lücking R. 2011. One hundred new species of lichenized fungi: a signature of undiscovered global diversity. *Phytotaxa* (18): 1-127.

Marbach B. 2000. Corticole und lignicole Arten der Flechtengattung *Buellia* sensu lato in den Subtropen und Tropen. *Bibliotheca Lichenologica* 74: 1–384.

Martins SMA & Marcelli M. 2011. Specific distribution of lichens on *Dodonaea viscosa* L. in the restinga area of Itapua State Park in Southern Brazil. *Hoehnea* 38(3).

Martins SMA, Käffer MI, Alves CR & Pereira VC. 2011. Fungos liquenizados da Mata Atlântica, no sul do Brasil. *Acta Botanica Brasilica* 25(2): 286-292.

McCune B & Mefford MJ. 2006. PC-ORD: multivariate analysis of ecological data. Version 5.14. Gleneden Beach, Oregon: MJM Software.

Melo AS & Hepp LU. 2008. Ferramentas estatísticas para análise de dados provenientes de biomonitoramento. *Oecologia Brasiliensis* 12(3): 463-486.

Menezes AA, Leite ABX, Otsuka AY, Jesus LS & Cáceres MES. 2011. Novas ocorrências de líquens corticícolos crostosos e microfoliosos em vegetação de Caatinga no semi-árido de Alagoas. *Acta Botanica Brasilica* 25(4): 885-889.

Odum EP & Barrett GW. 2008. *Fundamentos de Ecologia*. 4ª Edição. São Paulo: Cengage Learning 37p.

Oliveira F.X, Andrade L.A & Félix L.P. 2006. Comparações florísticas e estruturais entre comunidades de Floresta Ombrófila Aberta com diferentes idades, no Município de Areia, PB, Brasil. *Acta Botanica Brasilica* 20(4): 861-873.

Pereira EC, Marcelli MP, Silva NH & Silva AM. 2005. Líquens. Pp. 108-119. In: Porto, K.C.; Tabarelli, M. & Almeida-Cortez, J. (Org.). *Diversidade biológica e conservação da Floresta Atlântica ao norte do rio São Francisco*. Recife, Universtitária.

Pôrto KC, Alvarenga LDP & Santos GHF. 2005. Briófitas. Pp. 123-146. In: Porto, K.C.; Tabarelli, M. & Almeida-Cortez, J. (Org.). *Diversidade biológica e conservação da Floresta Atlântica ao norte do rio São Francisco*. Recife, Universtitária.

Pôrto KC, Germano SR & Borges GM. 2004. Avaliação dos Brejos de Altitude de Pernambuco e Paraíba, quanto à diversidade de briófitas, para a conservação. Pp. 79-97. In: Pôrto KC, Cabral JJP & Tabarelli M. (Org). Brejos de altitude em Pernambuco e Paraíba: história natural, ecologia e conservação. Brasília: Ministério do Meio Ambiente, 324p.

Projeto cadastro de fontes de abastecimento por água subterrânea. Diagnóstico do município de Cuité, estado da Paraíba. Mascarenhas JC, Beltrão BA, Junior LCS, Morais F, Mendes VA. & Miranda JLF (eds). Recife: CPRM/PRODEEM, 2005.

Resumo executivo. Plano Territorial de Desenvolvimento Rural Sustentável – PTDRS. Território do Curimataú – PB, 2010.

Rivas Plata E, Lücking R, Aptroot A, Sipman HJM, Chaves JL, Umaña L & Lizano D. 2006. A first assessment of the Ticolichen biodiversity inventory in Costa Rica: the genus *Coenogonium* (Ostropales: Coenogoniaceae), with a world-wide key and checklist and a phenotype-based cladistic analysis. *Fungal Diversity* 23: 255-321.

Rodrigues LC. 2012. A comunidade de microlíquens crostosos sofre alteração ao longo de gradientes ambientais na caatinga? Dissertação (Mestrado). Universidade Federal de Sergipe, São Cristóvão. 81p.

Schmit, JP. 2005. Species richness of tropical wood-inhabiting macrofungi provides support for species-energy theory. *The Mycol. Soc. of America, Lawrence* 97(4): 751–761.

Schumm, F. & Aptroot, A. 2010. Seychelles Lichen Guide. Druck: Beck, OHG, Süssen. Tavares De Melo, A.S.; Rodriguez, J.L. 2003. Paraíba, desenvolvimento econômico e a questão ambiental. João Pessoa: Grafiset.

Sipman, H.J., Lücking, R., Aptroot, A., Chaves, J.L., Kalb, K. & Umaña, L.T. 2012. A first assessment of the Ticolichen biodiversity inventory in Costa Rica and adjacent areas: the thelotremois Graphidaceae (Ascomycota: Ostropales). *Phytotaxa* 55: 1-214.

Spielmann, AA. 2006. Checklist of lichens and lichenicolous Fungi of Rio Grande do Sul (Brazil). *Caderno de Pesquisa. Série Biologia (UNISC)* 18: 7-125.

Villarouco FMO, Freire EVC, Pereira ECG & Pérez REU. 2007. Análise do Líquen *Cladonia verticillaris* (Raddi) Fr., em condições de laboratório sob efeito do estireno e ciclohexano. *Interciencia* 32(4): 242-246.

Webster J & Weber R. 2007. *Introduction to Fungi*. Third Edition. Cambridge University Press. 875p.

# **CAPÍTULO 2**

**INFLUÊNCIA DE FATORES BIÓTICOS E ABIÓTICOS NA RIQUEZA DE  
LIQUENS CORTICÍCOLAS EM ÁREAS DE BREJO DE ATITUDE E CAATINGA**

**Influência de fatores bióticos e abióticos na riqueza de líquens corticícolas  
em áreas de Brejo de Atitude e Caatinga**

Amanda Barreto Xavier Leite<sup>1</sup>, Leandro de Sousa Souto<sup>1</sup>, Robert Lücking<sup>3</sup> &  
Marcela Eugenia da Silva Cáceres<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Programa de Pós-Graduação em Ecologia e Conservação, Universidade Federal de Sergipe, CEP: 49100-000, São Cristóvão, Sergipe, Brasil.

<sup>2</sup> Departamento de Biociências, Universidade Federal de Sergipe, CEP: 49500-000, Itabaiana, Sergipe, Brasil.

<sup>3</sup> Field Museum of natural History, Chicago, USA

**RESUMO:** Os líquens fazem parte de um grupo extremamente diverso, variando em sua complexidade, desde formas muito simples até estruturas morfológicas e anatômicas muito complexas. Em sua ecologia são classificados entre os melhores bioindicadores de poluição do ar com acúmulo de poluentes atmosféricos e metais pesados. São capazes de crescer até onde a água é fornecida apenas um curto tempo diário ou apenas durante um curto período do ano, porém os líquens escolhem seu substrato de acordo com a composição química e qualidades físicas específicas do mesmo, sendo esses fatores determinantes para as comunidades líquênicas. O presente trabalho tem como objetivos verificar se a riqueza de espécies de líquens corticícolas é influenciada por fatores bióticos e abióticos, tais como, luminosidade, pH da casca do hospedeiro, diâmetro na altura do peito (DAP) e altitude topográfica e analisar se os fatores bióticos e abióticos diferem entre as áreas de estudo. Em duas fitofisionomias, Caatinga e Brejo de Altitude, no estado da Paraíba, foram demarcados cinco transectos de 100m cada, paralelamente demarcados a cada 25m, distantes um do outro. Em cada transecto, foram demarcados pontos a cada 10m, sendo 50 pontos para cada área. Em cada ponto foi amostrada a árvore mais próxima na qual foi observada a presença de talos líquênicos, na altura de 0,5m até 1m em relação ao solo. Ao todo foram coletadas 755 amostras, sendo 18 famílias, 44 gêneros e 121 espécies de microlíquens corticícolas. A Caatinga obteve maior riqueza (74 espécies), com 50 espécies registradas para o Brejo de Altitude. Dentre os resultados, todos os fatores bióticos e abióticos atuaram de forma significativa em relação à riqueza de espécies de líquens corticícolas. Para as áreas, apenas os fatores abertura do dossel e altitude não obtiveram efeito significativo em relação aos outros fatores. Esta pesquisa é uma das primeiras realizadas na Paraíba e no

Nordeste brasileiro com microlíquens corticícolos com intuito de se estudar e compreender as preferências ecológicas dos líquens.

**Palavras-chave:** Microlíquens, Ecologia, Caatinga, Brejo de Altitude

**ABSTRACT:** The Lichens form an extremely diverse group, ranging in complexity from simple forms to very complex morphological and anatomical structures. They are ecologically ranked among the best bioindicators of air pollution with accumulation of air pollutants and heavy metals. The Lichens are capable of growing where water is supplied for only a short time daily or only during a short period during the whole year, but they choose their substrate according to the chemical composition and physical characteristics of their substrates, which are decisive factors for the formation of lichen communities. This study aims to verify whether species richness and composition are influenced by biotic and abiotic factors, such as total light transmittance, bark pH and diameter at breast height (DBH) of the host, as well as elevation, and analyze whether biotic and abiotic factors differ in each of the study areas. In two forest types, Caatinga and Brejo de Altitude, in the state of Paraíba, five transects were delimited with 100 m length each, and 25 m apart from each other. In each transect, one sample point was delimited every 10 m, with a total of 50 points for each area. At each point the nearest tree was sampled and all lichen thalli documented in an area of 1.5 m along the stem (tree trunk) from the ground, disregarding the first 0.5 m above the ground. A total of 755 samples were collected, with 18 families, 44 genera and 121 species of corticolous microlíquens. The Caatinga presented greater species richness (74 species), whereas 50 species were recorded for the Brejo de Altitude. The results showed that factors influenced in relation to species richness of corticolous lichens. Only the factors canopy openness and elevation did not obtain the same significance. There are few studies on the ecology of lichens, specifically corticolous microlíquens in tropical vegetation, thus this research becomes one of the first carried out in Northeastern Brazil with the aim of studying and understanding the ecological preferences of lichens comparing two forest types, Caatinga and Brejo de Altitude, in Paraíba.

**Key-words:** Microlíquens, Ecology, Caatinga, Brejo de Altitude

## INTRODUÇÃO

Os líquens fazem parte de um grupo extremamente diverso, variando em sua complexidade, desde formas muito simples até estruturas morfológicas e anatômicas muito complexas (Käffer et al. 2010). Líquens são os produtos de associações simbióticas entre uma espécie de fungo e espécies de algas e, ou cianobactérias (Nash 2008). Considerados simbioses íntimas e de longo prazo entre algas fotossintéticas e, ou cianobactérias com fungos que são heterotróficos (Piercey-Normore & Depriest 2001), formam uma estrutura coerente conhecida como talo líquênico (Will-Wolf et al. 2004).

Os talos líquênicos se apresentam sob muitos aspectos (hábitos) que, embora não caracterizem grupos taxonômicos, são típicos para cada espécie, separando os líquens em, basicamente três grandes grupos: foliosos, fruticosos e crostosos (Umaña & Sipman 2002). Os líquens crostosos apresentam formas mais simples e variam em sua disposição e estrutura em relação ao substrato, podendo ser encontrados principalmente sobre rochas e córtex de árvores, aderindo diretamente por penetração das hifas inferiores do fungo no substrato, devido à ausência de córtex inferior no talo líquênico (Morales et al. 2009; Webster & Weber 2007). Os líquens que colonizam o córtex de árvores são comumente denominados corticícolas, abundantes em região de floresta no território brasileiro (Morales et al. 2009; Pereira et al. 2005).

Uma das características do talo líquênico é que este depende, principalmente, da entrada de nutrientes minerais da atmosfera, por absorção. Isto, combinado ao fato dos líquens serem capazes de crescer em uma grande variedade geográfica e acumular elementos minerais muito acima de sua necessidade, os classifica entre os melhores bioindicadores de poluição do ar atmosférico (Dyer & Letourneau 2007; Garty 2001b). Além de entrada de nutrientes minerais, os líquens são especialmente hábeis em acumular poluentes atmosféricos como o dióxido de enxofre, particularmente, em níveis tóxicos (Deacon 2006). Além disso, também podem acumular e tolerar metais pesados em um nível muito acima de suas necessidades fisiológicas (Garty 1988). Essa capacidade se deve, entre outros motivos, à sua área superficial relativamente grande e taxa de crescimento lenta (Carreras & Pignata 2002).

Assim, estudos tem evidenciado esse papel de destaque dos líquens com relação ao desempenho como biodindicadores de poluição do ar e qualidade do mesmo em todo o mundo (Anze et al. 2007; Canseco et al. 2006; Carreras & Pignata 2002; Eliasaro et al. 2009; Garty 1988; Hawksworth et al. 2005; Martins et al. 2008; Monge-Nágera et

al. 2002a; Monge-Nágera et al. 2002b; Sáens et al. 2007; Wolseley & Aguirre-Hudson 1991). Também tem sido descritos como um dos melhores biomonitores na avaliação da poluição de metal pesado no ar (Carreras & Pignata 2002; Garty 1988; Garty et al. 2001a; Garty 2001b; Nayaka et al. 2003).

Os líquens estão entre os organismos mais humildes e menos exigentes enquanto às suas necessidades nutricionais. São capazes de crescer até onde a água é fornecida apenas por um curto espaço de tempo diário ou apenas durante um curto período do ano (Sochting 1999). Sua forma de vida tão peculiar os tornam presentes em praticamente todos os ecossistemas do planeta (Umaña & Sipman 2002). Porém, ainda são poucos os estudos que contemplem os líquens crostosos no Brasil (Cáceres 2007; Käffer et al. 2010).

O estudo da diversidade (riqueza e composição de espécies) de líquens é um tema central na ecologia teórica e aplicada (Wolf 1993). Sabendo que a riqueza de espécies em uma comunidade pode estar relacionada a muitos fatores que a influenciam (Begon et al. 2007), os líquens escolhem seu substrato de acordo com a composição química e qualidades físicas específicas do mesmo, sendo esses fatores determinantes para as comunidades líquênicas (Marmor & Randlane 2007; Morales et al. 2009).

No caso dos líquens corticícolos crostosos, os fatores que mais influenciam sua ocorrência são a luminosidade, umidade e pH do substrato (Cáceres et al. 2007), bem como, a altitude, temperatura e tipo de substrato que determinam comunidades específicas para tais gradientes (Morales et al. 2009). Características como rugosidade da casca (Käffer et al. 2007) e o diâmetro na altura do peito (DAP) (Bunnell et al. 2008), esta última principalmente, influenciam tanto na diversidade quanto na composição de líquens em florestas (Friedel et al. 2006).

Foi comprovado, por exemplo, que mudanças no pH da casca do hospedeiro em decorrência de poluentes ácidos ou alcalinos provocam alterações significativas na composição de espécies (Marmor & Randlane 2007). Para Larsen et al. (2006) há influência do pH da casca em relação à distribuição de líquens. Nesse contexto, para Mezaka et al. (2008), o pH mais ácido da casca da árvore propicia significativamente uma maior riqueza de espécies de líquens, enquanto que a espécie da árvore e o DAP atuam de forma significativa na composição das espécies líquênicas, tendo maior riqueza as árvores com alto valor do DAP (Friedel et al. 2006).

Dyer & Letourneau (2007), analisando fatores abióticos que afetam a diversidade líquênica, comprovaram que a luz afeta diretamente o crescimento dos

liquens. Para Chaverri & Vílchez (2006), a luz não influencia o crescimento vegetativo de fungos, mas tem sido relatado que é necessária na indução de estruturas de reprodução assexuada e/ou sexuada. Em um estudo desenvolvido por Friedel et al. (2006), o fator luminosidade teve grande importância para a composição de espécies, mas com um impacto menor sobre a diversidade liquênica, porém, para Hawksworth (1975), muitos liquens crescem quando a luz é abundante, ainda que difusa.

Para o Brasil, poucos trabalhos dedicaram-se ao estudo da resposta dos liquens aos fatores bióticos e abióticos. Na Região Sul, um trabalho verificou a análise da comunidade liquênica de acordo com a rugosidade da casca do hospedeiro, neste caso uma mata de Araucarias (Kaffer et al. 2007). Já Käffer et al. (2010) avaliaram a comunidade liquênica de acordo com sua preferência por forófito e sua relação com o pH da casca dos mesmos. Koch et al. (2012) analisaram a influência de fatores ambientais na comunidade de liquens foliosos quanto à composição, riqueza e cobertura de espécies. Finalmente, Lemos et al. (2007), compararam a composição e diversidade de liquens corticícolas em três ambientes de acordo com o grau de poluição.

No Nordeste brasileiro, Cáceres et al. (2007) estudaram a composição e a riqueza de espécies de liquens corticícolas crostosos em uma área de Floresta Atlântica no estado de Alagoas correlacionando-as com características da casca do hospedeiro e a intensidade de luz incidente. Em uma comparação entre a composição de espécies de liquens de três fitofisionomias ocorrentes nas regiões Mata Atlântica, Caatinga e Brejos de Altitude, foi observada uma baixa similaridade entre as áreas com relação ao tipo de vegetação e grau de luminosidade (Cáceres et al. 2008a).

A floresta típica dos Brejos de Altitude guarda forte semelhança com a floresta úmida litorânea (Andrade et al 2006), sendo a primeira situada em serras e planaltos do semi-árido (Rodal et al. 2005). Para a Paraíba, a Mata do Pau-Ferro constitui um dos poucos remanescentes florestais dos Brejos de Altitude do interior do Nordeste se enquadrando como disjunção da Floresta ombrófila aberta, sendo um dos mais representativos tanto em extensão, quanto pela sua localização (Andrade et al. 2006; Oliveira et al. 2006).

O domínio do bioma caatinga abrange cerca de 900 mil Km<sup>2</sup>, correspondendo aproximadamente a 54% da região Nordeste e 11% do território brasileiro (Andrade et al. 2006). A formação vegetal apresenta heterogeneidade quanto à sua aparência e composição. Em alguns trechos, exibe uma mata rala ou aberta, daí o nome caatinga, que, na linguagem indígena, significa mata branca; em outros, o solo aparece quase

descoberto, mostrando arbustos isolados (Silans et al. 2006). Dentre as fitofisionomias paraibanas, a Caatinga do Curimataú localizada na região do Curimataú, descendo pela sua vertente ocidental, apresenta a flora característica de áreas secas que vão desde Caatinga arbustiva aberta à arbórea (com gradações intermediárias), a matas secas e matas úmidas (PTDRS 2010).

Este trabalho, pioneiro para as áreas de Caatinga e Brejo de Altitude da Paraíba tem como objetivos: (i) verificar se a riqueza de líquens corticícolas crostosos é influenciada por fatores bióticos e abióticos, tais como: luminosidade, pH da casca do hospedeiro, diâmetro na altura do peito (DAP) e altitude; e (ii) analisar se os fatores bióticos e abióticos diferem entre as áreas de estudo. Para isto, foram testadas as seguintes hipóteses: (i) a riqueza de líquens corticícolas será maior para a área com maior intensidade luminosa; (ii) hospedeiros com pH da casca ácido terão uma resposta mais positiva na riqueza; (iii) a riqueza de espécies de microlíquens será maior para a área com hospedeiros de maiores valores de DAP; e (iv) maiores altitudes proporcionarão maior riqueza de líquens corticícolas.

## MATERIAL E MÉTODOS

### Áreas de estudo

A coleta de líquens para o desenvolvimento do presente trabalho foi realizada no mês de Julho de 2012, em áreas de Brejo de Altitude e Caatinga, no estado da Paraíba, Brasil. A área de Brejo de Altitude foi o Parque Estadual Mata do Pau-Ferro, no município de Areia, e a área de Caatinga estudada foi a Reserva Muralha, no município de Cuité (Figura 1).



**Figura 1:** Mapa do estado da Paraíba, localização das áreas de coleta. Fonte: PTDRS 2010, adaptado.

### Parque Estadual Mata do Pau-Ferro

O Parque Estadual Mata do Pau-Ferro é uma Unidade de Conservação (UC) de domínio estadual, criada pelo Decreto 14.832 de 01 de outubro de 1992. Este parque, conhecido também como Mata Pau-Ferro, está localizado na Microrregião do Brejo Paraibano ( $6^{\circ} 58'S$ ;  $35^{\circ} 42'W$ ), com uma área de aproximadamente 600 ha, numa altitude variável entre 400 e 600 m e situado a 5 Km a oeste da cidade de Areia, no estado da Paraíba (Figura 1) (Andrade et al. 2006; Barbosa et al. 2004). Segundo Oliveira et al. (2006), a condição climática desses Brejos se deve pelo efeito orográfico

da frente oriental do Planalto da Borborema. Ali, a orografia proporciona precipitações elevadas para o contexto regional, torna as temperaturas mais amenas e modifica o clima, possibilitando a ocorrência da Floresta Ombrófila Aberta, formação típica da faixa litorânea, além de apresentar uma vegetação como um mosaico formado por floresta e capoeiras em diferentes estágios de sucessão ecológica (Figura 2).



**Figura 2:** Representação da área do Parque Estadual Mata do Pau-Ferro, localizado na região dos Brejos Paraibanos, município de Areia (a) e local de coleta dentro do Parque (b).

### **Reserva Muralha**

A Reserva Particular denominada Reserva Muralha (Figura 3), com um total de 300 ha e altitude de 530,35m (06° 36'S; 36° 12'W), situa-se no município de Cuité, Paraíba (Figura 1). O município de Cuité está localizado na região centro-norte do Estado da Paraíba, Meso-Região Agreste Paraibano e Micro-Região Curimataú Ocidental (CPRM 2005). Na região do Curimataú, descendo pela vertente ocidental, existe flora característica de áreas secas. A Caatinga do Curimataú apresenta semelhanças com a Caatinga do Cariri Paraibano. Os tipos de vegetação vão desde caatinga arbustiva aberta a arbórea (com gradações intermediárias), a matas secas e matas úmidas (PTDRS 2010; Barbosa et al. 2005), formada por Florestas Subcaducifólica e Caducifólica (CPRM 2005).



**Figura 3:** Representação da Reserva Muralha, na região do semiárido paraibano, município de Cuité (a) e área de coleta de líquens corticícolas (b).

### **Coleta do material biológico**

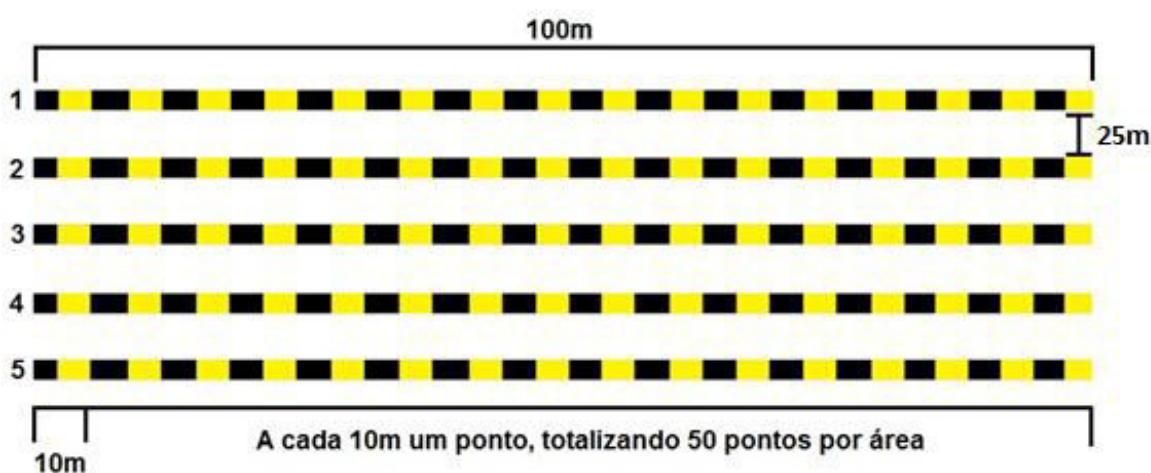
Para a coleta dos líquens crostosos foram demarcados cinco transectos de 100 m cada, seguindo metodologia adaptada de Cáceres et al. (2007), paralelamente demarcados a cada 25 m. Em cada transecto, foram demarcados pontos a cada 10 m, sendo 50 pontos para cada área e o total de 100 pontos (Figura 4). Para os 100 pontos demarcados foram adotados como escolha há presença de talos líquênicos na altura de 0,5 m até 1 m em relação ao solo.

Para a retirada do talo líquênico crostoso no córtex das árvores utilizou-se de faca e martelo. As amostras foram imediatamente guardadas em envelopes de papel, onde foram registrados local, transecto e número do ponto.

### **Processamento e identificação das amostras**

Ainda em campo, o material coletado foi secado com auxílio de prensas botânicas utilizando jornais e papelão em temperatura ambiente. Na Universidade Federal de Sergipe, em Itabaiana, Campus Prof. Alberto Carvalho, no Laboratório de Liquenologia (LALIQ), Departamento de Biociências (DBCI), foram confeccionadas exsiccatas das amostras em papel cartão de 14 x 7 cm, com devida informação do local e ponto de coleta. Para identificação das espécies de líquens crostosos, foram feitos secções no talo e ascoma com auxílio de lupa e lâmina de aço de barbear, como também testes de reações histoquímicas utilizando solução aquosa de hidróxido de potássio

(KOH) a 10% (observação de reações com compostos secundários) e solução lugol a 2% (para reações amilóide e dextrinóide) comumente empregados em taxonomia de fungos liquenizados, além de auxílio de bibliografia especializada (Cáceres 2007; Lücking et al. 2009; Lücking et al. 2011; Rivas-Plata et al. 2006; Schumm & Aptroot 2010; Sipman et al. 2012).



**Figura 4:** Desenho amostral dos transectos demarcados nas áreas de Caatinga e Brejo de altitude para coleta de líquens corticícolas.

## Amostragem dos fatores bióticos e abióticos

### Aferimento do pH da casca do hospedeiro

Foi utilizado o aparelho Skin pH Meter – HI 9918, que possui um eletrodo específico de cabeça plana para medição de pH de superfície, que neste caso seria o substrato do hospedeiro.

Posicionado no hospedeiro na área mais próxima de onde foi retirado o talo líquênico, foram realizadas três medições para cada hospedeiro e o valor considerado foi a média destas, adotando os valores de pH da casca como ácido (de 0 a 6,9), neutro (7,0) e básico (7,1 a 14) (Käffer et al. 2010).

### **Medição do diâmetro à altura do peito (DAP)**

No hospedeiro selecionado, a medida do diâmetro à altura do peito (DAP) foi realizada com auxílio de fita métrica a uma altura de 80 cm, adaptado por Batista (2001).

Uma forma confiável de calcular o “Diâmetro à Altura do Peito” (DAP) é medir o perímetro ou circunferência do tronco (CAP) e convertê-la para diâmetro, assumindo que a secção transversal do tronco à altura do peito é perfeitamente circular (Batista 2001), assim, todos os valores do CAP foram convertidos em DAP para posterior análise estatística dos dados (Figura 5).

$$DAP = \frac{CAP}{\pi}$$

**Figura 5:** Equação de medição do diâmetro à altura do peito (DAP) através do valor da circunferência do tronco (CAP).

### **Medição da intensidade luminosa**

Para cada hospedeiro selecionado, a intensidade luminosa foi medida com auxílio de uma câmera fotográfica digital SONY H20 com 10 megapixel, acoplada a uma lente “olho de peixe”, modelo FCE9, que fornecem a abertura do dossel em 180° com a qual são feitas fotos hemisféricas (Silva et al. 2009).

Para o registro das fotos, a máquina foi posicionada ao lado do tronco do hospedeiro selecionado. Os horários do registro das fotos foram entre as 16h20min e 17h30min da tarde (Silva et al. 2009), no mês de Julho/2012. O tripé de sustentação da câmera foi posicionado a uma altura de aproximadamente um metro do solo, adequado para análise de sub-bosque (Koch et al. 2012; Suganuma et al. 2008), tendo a lente nivelada com nível de bolha e a câmera posicionada superiormente para o Norte magnético, detectado através de bússola (Garcia et al. 2007), este nivelamento é importante devido ao programa utilizado para análise das fotos (Silva et al. 2009) (Figura 6).

Cada hospedeiro registrado foi marcado pelo GPS (Global Position System) como parte da análise das fotos, já que se utilizam a altitude e coordenadas locais no tratamento destas, e para posterior comparação das altitudes entre as áreas.

### **Análise da intensidade luminosa**

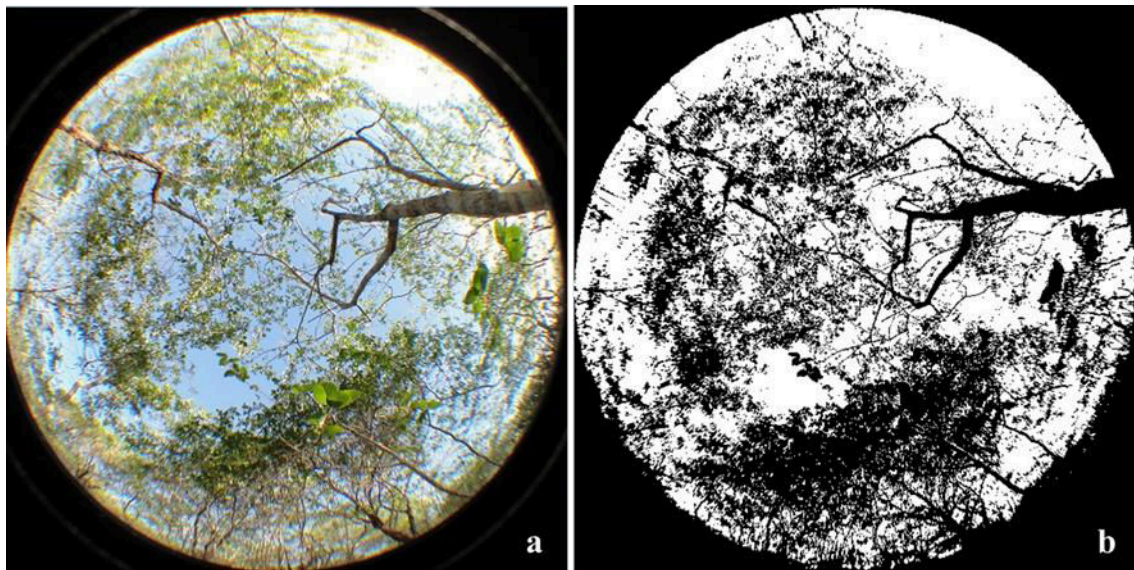
As fotos hemisféricas para cada ponto, através do software Gap Light Analyzer (GLA) Version 2.0, foram analisadas da seguinte maneira: processadas no software GLA 2.0, a fotografia digital é convertida em preto e branco e recortada no formato quadrado requisitado pelo GLA (Figura 7).



**Figura 6:** Medição da luminosidade com auxílio de uma câmera digital acoplada a uma lente “olho de peixe”, direcionada para o Norte magnético com auxílio de uma bússola, próximo ao hospedeiro amostral (a). Foto reproduzida pela lente “olho de peixe” em um ponto da área da Caatinga (b) e outra para o Brejo de Altitude (c).

A fotografia é dividida radialmente e em círculos concêntricos equidistantes de acordo com a geometria óptica da lente de maneira que cada setor represente uma proporção igual do hemisfério. Esse cuidado visa eliminar o efeito de visada oblíqua crescente à medida que se afasta do centro da fotografia. Finalmente, a fotografia é

segmentada em bitmap binário usando um limiar estimado visualmente (Silva et al. 2009). Em seguida foram obtidas diversas variáveis, sendo utilizado neste trabalho apenas a transmitância total que é a radiação fotossinteticamente ativa transmitida através do dossel (radiação direta + radiação difusa) (Garcia et al. 2007; Nogueira 2011), transmitância difusa e a abertura do dossel a fim de verificar a influência da luminosidade (dos fatores bióticos e abióticos) na comunidade líquênica (Koch et al. 2012).



**Figura 7:** Representação do tratamento realizado pelo software GLA 2.0 de uma foto tirada para a área de Caatinga, sendo a fotografia digital convertida em preto e branco e recortada no formato quadrado requisitado pelo GLA (a-b).

### **Análises estatísticas dos dados**

Para verificar se a riqueza, variável resposta, é influenciada pelas variáveis explicativas, sendo estas os fatores bióticos e abióticos, pH da casca, DAP do hospedeiro e elevação de cada ponto, bem como o índice de transmitância total e abertura do dossel, para as duas áreas, foram construídos modelos lineares generalizados (GLM's), tipo de Regressão utilizada para analisar relações entre variáveis contínuas, descrevendo a relação linear entre uma variável preditora (fatores bióticos e abióticos) e uma variável resposta (riqueza) (Gotelli & Ellison 2011).

Essas análises foram realizadas utilizando o software R (R Development Core Team 2008, Version 2.14.2). Os modelos mínimos foram obtidos através da retirada de variáveis não significativas ( $p > 0,05$ ) (Crawley 2007).

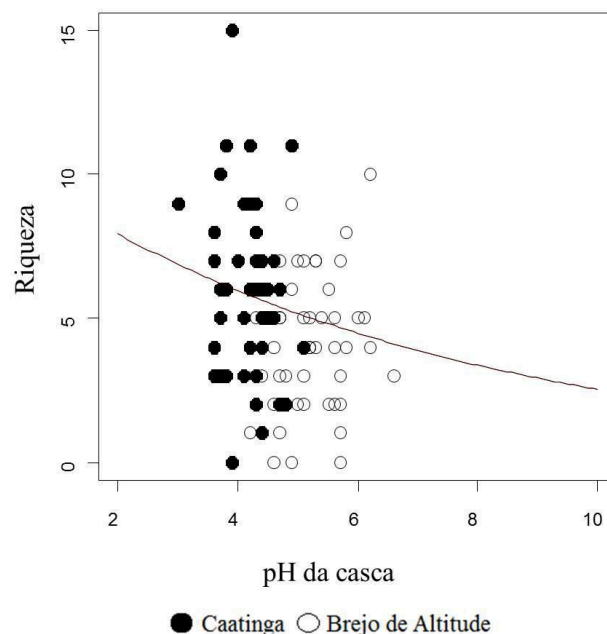
Através do programa computacional PC-ORD for Windows, versão 5.0 (McCune & Mefford 2006), foi feita definições por método de ordenação e classificação com análise de Escalonamento Multidimensional não-métrico (NMDS), utilizando-se da matriz simétrica de Sørensen (Cáceres et al. 2007; Cáceres et al. 2008a).

## RESULTADOS

Das análises nos modelos lineares generalizados entre a riqueza e os fatores bióticos e abióticos, a relação entre riqueza e pH da casca do hospedeiro ( $p = 0,0092$ ), riqueza e DAP do hospedeiro ( $p = 0,0121$ ), bem como riqueza e transmitância total ( $p = 0,0004$ ) diferiram significativamente entre as áreas.

Porém, os fatores como a abertura do dossel, transmitância difusa e elevação tiveram efeito significativo para a riqueza de líquens ( $p < 0,05$ ), porém não para as áreas ( $p > 0,05$ ).

A riqueza diferiu significativamente em relação aos valores de pH da casca do hospedeiro, demonstrando que, com o aumento do valor do pH, houve uma diminuição da riqueza de líquens corticícolos ( $p = 0,0092$ ) (Figura 8). Em relação às áreas, os valores do pH apresentaram-se de forma significativa ( $p = 0,01522$ ), onde hospedeiros da Caatinga apresentaram valores mais ácidos e maior riqueza de espécies, comparado aos do Brejo.



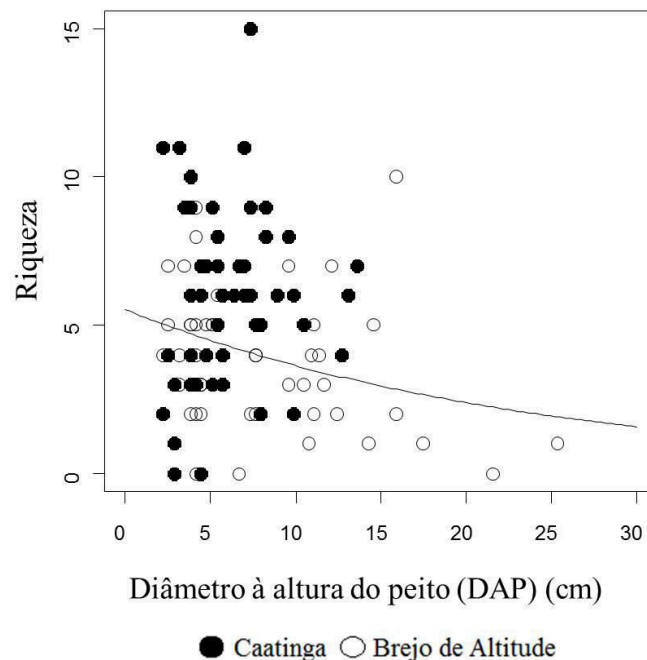
**Figura 8:** Riqueza de líquens corticícolos em relação ao pH da casca para as áreas de Caatinga e Brejo de Altitude ( $p < 0,05$ ).

Quando levada em consideração o diâmetro à altura do peito (DAP) com a riqueza de espécies, foi possível perceber que hospedeiros com menores valores do

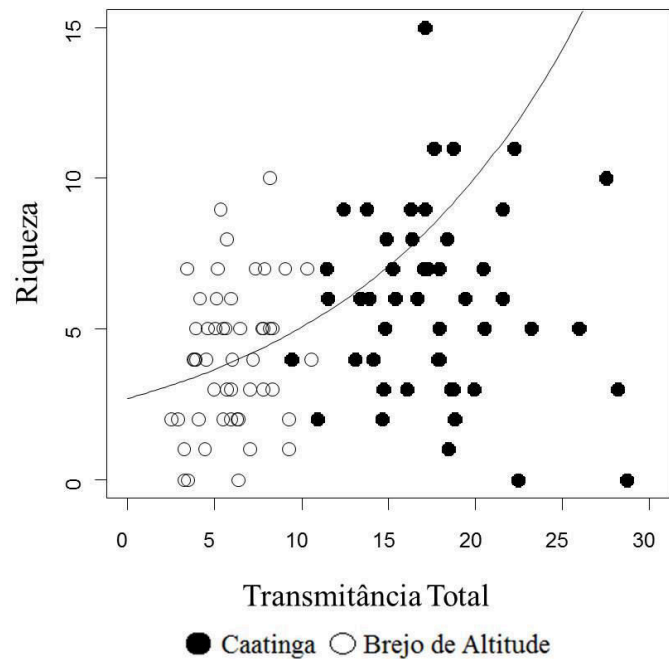
DAP proporcionaram um aumento significativo na riqueza de líquens corticícolas ( $p = 0,0121$ ). Apesar dos valores do DAP se apresentarem de forma mais distribuída, houve diferença significativa entre as áreas ( $p = 0.0007087$ ) (Figura 9), sendo os hospedeiros do Brejo representantes dos maiores valores do diâmetro à altura do peito comparando-se à Caatinga.

Em relação à transmitância total, a riqueza foi afetada de forma significativa ( $p = 0,0004$ ), bem como para as áreas de estudo ( $p = 2.2e-16$ ). Assim, observa-se que houve maior resposta na riqueza de líquens em áreas que apresentaram índices mais acentuados de luminosidade (Figura 10). Comparado ao Brejo de Altitude, a Caatinga apresentou índices mais elevados de luminosidade, bem como, maiores riquezas de espécies.

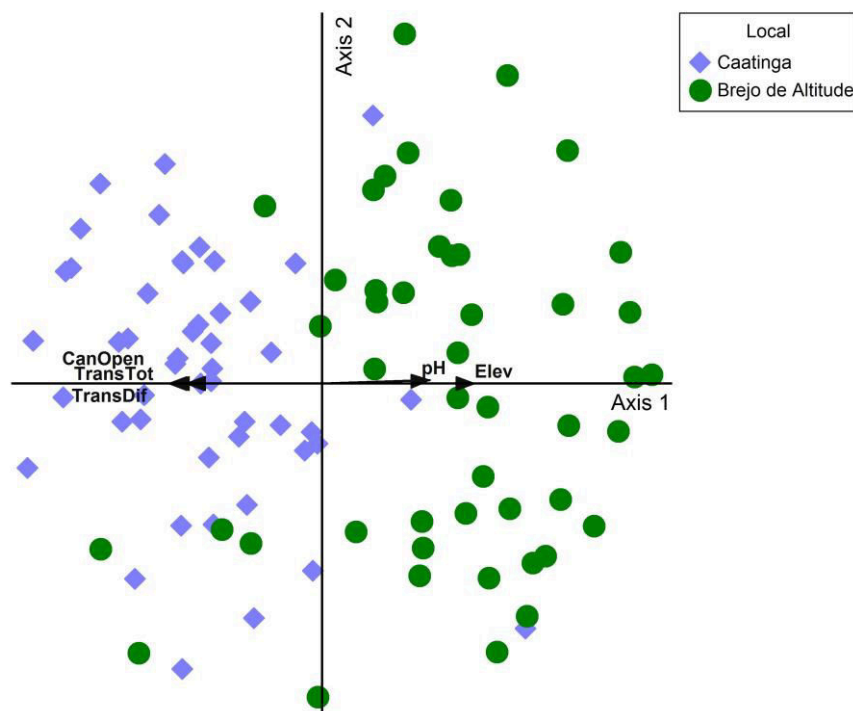
Os resultados apresentados através do NMDS mostraram uma diferença nítida entre as áreas relacionando com os fatores bióticos e abióticos. Para os pontos referentes ao Brejo de Altitude, os fatores que mais interferiram foram a elevação e o pH mais básico, sendo para a Caatinga a alta luminosidade medida através dos índices de abertura de dossel (canopy openness), transmitância total e difusa (Figura 11).



**Figura 9:** Diâmetro à altura do peito (DAP) para as áreas de estudo, Brejo de Altitude e Caatinga, quando relacionados à riqueza de líquens corticícolas ( $p < 0,05$ ).



**Figura 10:** Riqueza de líquens corticícolos relacionados aos valores da transmitância total (radiação direta + radiação difusa) em duas fitofisionomias, Brejo de Altitude e Caatinga ( $p < 0,05$ ), no estado da Paraíba, Brasil.



**Figura 11:** Influência de fatores bióticos e abióticos nos pontos representados pelas áreas de Caatinga e Brejo de Altitude através da análise de NMDS.

## DISCUSSÃO

O presente estudo sustenta, em parte, o observado em diversos trabalhos onde fatores bióticos e abióticos influenciam na riqueza de líquens corticícolas (Mežaka et al. 2008; Kaffer et al 2010; Marmor & Randlane 2007; Martins & Marcelli 2011; Cáceres et al. 2007; Morales et al. 2009; Käffer et al. 2007; Bunnell et al. 2008; Friedel et al. 2006; Koch et al. 2012), sendo esta riqueza pouco afetada pela variabilidade do macroclima, com respostas ecológicas mais relacionadas ao microclima (Giordani & Incerti 2007).

Os resultados apresentados nesse trabalho demonstraram que o fator pH influenciou na riqueza de líquens corticícolas, onde um pH mais ácido resultou em uma maior riqueza, corroborando com Mežaka et al. (2008) que, em estudo na Latvia, Europa, observaram que a riqueza de líquens foi menor em árvores com pH básico na casca de hospedeiros em áreas de florestas antigas. Com este resultado, também há a confirmação da hipótese apresentada no presente estudo. No entanto, Kaffer et al. (2010) mencionam em sua pesquisa uma preferência das espécies de líquens corticícolas à presença de um pH básico nos hospedeiros, onde foi registrado o maior número de táxons liquênicos.

A literatura relata que diferentes espécies de líquens apresentaram declínio notável de probabilidade de ocorrência em diferentes valores de pH da casca (Marmor & Randlane 2007) o que está intimamente ligado ao local de estudo, já que se conhece que a variação da comunidade liquênica pode ser atribuída às características dos hospedeiros escolhidos pelos líquens (Hale 1983), influenciada pelo tipo de vegetação encontrada em cada área.

Características peculiares às áreas de estudo citada por Kaffer et al. (2010) evidenciam que variações nos valores de pH na casca em tipos de vegetação nativa poderiam ser associadas, entre outros fatores, com o tipo de solo, a características etárias das árvores hospedeiras, bem como com a influência de atividades antrópicas.

Marmor & Randlane (2007) em um estudo comparativo do pH em hospedeiros dentro da floresta e perto de estradas relacionaram a ação antrópica exercida pela rodovia nos hospedeiros como um fator determinante na ocorrência de líquens, fato que também pode ter influenciado na amostragem da Mata Pau-Ferro, já que se trata de um Parque Estadual que margeia uma rodovia, e vem sofrendo intensa e sistemática pressão antrópica, com vastas áreas de matas ciliares desmatadas para dar lugar a culturas

agrícolas, formando capoeiras em diferentes estágios sucessionais, algumas delas tomadas por gramíneas que impedem ou dificultam o processo de regeneração natural (Barbosa et al 2004; Oliveira et al. 2006).

Portanto, de acordo com parte da literatura supracitada, os resultados obtidos referentes ao fator pH corroboram a hipótese elaborada neste estudo, de que hospedeiros com pH ácido apresentariam maior riqueza.

De acordo com um estudo desenvolvido por Bunnell et al. (2008) ao estudar os líquens crostosos em toras de madeira, o diâmetro na altura do peito (DAP) dos hospedeiros foi considerado como uma característica importante para a ocorrência de líquens, assim como Friedel et al. (2006) demonstraram que a riqueza de líquens em florestas da Alemanha em relação ao DAP foi a variável explicativa mais importante para o número de espécies por árvore, onde a riqueza de espécies cresceu com o aumento do DAP.

Mežaka et al. (2008), em estudo anterior, concluíram que o DAP afeta a composição de líquens, porém não a riqueza de espécies, assim como foi observado nos resultados deste trabalho, onde valores maiores no valor de DAP influenciaram negativamente na riqueza de espécies, encontrados na área do Brejo de Altitude, o que não foi evidenciado na área de Caatinga onde os valores de DAP foram menores. Esse resultado refuta Koch et al. (2012) que evidenciaram em estudos com líquens foliícolas em área de Floresta Ombrófila Mista, que altos valores do diâmetro à altura do peito (DAP) influenciaram positivamente na riqueza de espécies.

O alto nível de transmitância total influenciou positivamente na riqueza de espécies. Dyer & Letourneau (2007) também confirmaram que o fator luminosidade representa um dos principais responsáveis pelo aumento da riqueza dos líquens em folhas de plantas expostas à alta luminosidade, bem como, os estudos que relacionaram tal fator na riqueza e composição de líquens foliícolas (Lücking 1998b; Lücking & Bernecker-Lücking 2002; Pinokiyo & Singh 2006). Estes resultados corroboram a hipótese apresentada, onde áreas com maior luminosidade possuiriam uma maior riqueza de espécies de líquens.

Muitos líquens crescem quando a luz é abundante, ainda que difusa, assim a intensidade luminosa demonstra ter efeito direto no seu crescimento (Dyer & Letourneau 2007). O fator luminosidade provoca uma resposta positiva, em função das características morfológicas (Webster & Weber 2007) dos talos de líquens corticícolas, cujas células fotobiontes são posicionadas por baixo de um córtex superior formado

exclusivamente pelo micobionte. Portanto, a luminosidade mais intensa seria necessária para a realização da fotossíntese. Para Morales et al. (2009), as formas crostosas são mais frequentes em ecossistemas e micro-habitats onde há condições de baixa luminosidade e pouca precipitação.

Quanto ao efeito da elevação sobre a riqueza de espécies de líquens, esperava-se uma diferença significativa entre Brejo e Caatinga, já que os Brejos são encaves de Mata Atlântica (Andrade-Lima 1966), e situam-se em serras e planaltos do semiárido (Rodal et al. 2005). Porém, Pôrto et al. (2004), lembram que, no Nordeste brasileiro, remanescentes de Mata Atlântica geralmente ocorrem em altitudes baixas próximas ao nível do mar, não corroborando com a hipótese proposta, na qual, esperava-se que maiores valores de altitude resultaria positivamente na riqueza e entre as áreas.

Num estudo feito por Cáceres et al. (2008a), relata uma baixa similaridade entre áreas de Caatinga, Brejo de Altitude e Zona da Mata com relação ao tipo de vegetação e grau de luminosidade. A vegetação da Mata do Pau-Ferro é típica dos Brejos de Altitude, guardando forte semelhança com a vegetação da floresta úmida litorânea, que seria uma disjunção da Floresta Ombrófila aberta (Andrade et al. 2006), ao contrário da Reserva Muralha, que apresenta clima semiárido quente e tipos de vegetação que vão desde Caatinga arbustiva aberta à arbórea, com gradações intermediárias (PTDRS 2010).

As diferenças no tipo de vegetação destes biomas justificaram a discrepância nos valores dos fatores bióticos e abióticos obtidos, que conseqüentemente resultou na diferença de espécies de líquens corticícolas crostosos encontrados em cada área. Levando em consideração que uma combinação desses fatores determina que tipo de líquen se espera encontrar em uma determinada região (Morales et al. 2009), e não apenas fatores isoladamente, outras áreas de Brejos de Altitude precisam ainda ser estudadas quanto à sua diversidade líquênica.

## **CONCLUSÃO**

O estudo da influência de fatores bióticos e abióticos na riqueza de líquens pode ser considerado um importante fator no conhecimento ecológico, bem como, na compreensão da distribuição dos fungos liquenizados.

A partir dos resultados apresentados foi possível observar que os líquens mantem preferências em relação ao substrato de acordo com as características do hospedeiro, bem como, em relação aos tipos de vegetação onde se encontram. Este trabalho foi o primeiro a amostrar tais influências em relação a riqueza de líquens corticícolos nas fitofisionomias Caatinga e Brejo de Altitude, no estado da Paraíba.

Os resultados contribuem para o conhecimento ecológico dos microlíquens e servem para subsidiar relacionadas com a biologia e ecologia desses organismos.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Andrade LA, Oliveira FX, Nascimento IS, Fabricante JR, Sampaio EVSB & Barbosa MRV. 2006. Análise florística e estrutural de matas ciliares ocorrentes em brejo de altitude no município de Areia, Paraíba: Revista Brasileira de Ciências Agrárias 1: 31-40.

Anze R, Franken M, Zaballa M, Pinto MR, Zaballos G, Cuadros MA, Canseco A, Rocha AD, Estellano VH & Granado SD. 2007. Bioindicadores en la detección de la contaminación atmosférica en Bolivia. Revista Virtual Redesma 54-74.

Barbosa MRV, Lima RB, Agra MF, Cunha JP & Pessoa MCR. Vegetação e flora fanerogâmica do Curimataú, Paraíba. In: Araújo FS, Rodal MJN & Barbosa MRV (eds). 2005. Análise das variações da biodiversidade do bioma Caatinga: suporte a estratégias regionais de conservação. Brasília: Ministério do Meio Ambiente, 124p.

Batista JLF. 2001. Mensuração de árvores: Uma introdução à dendrometria. Universidade de São Paulo, Piracicaba. 95p.

Begon M, Townsend CR & Harper JL. 2006. Fundamentos em Ecologia. 4º Edição. Porto Alegre: Artmed 604p.

Bunnell FL, Spribille T, Houde I, Goward T & Björk C. 2008. Lichens on down wood in logged and unlogged forest stands. Canadá: Canadian Journal of Forest Research 38: 1033-1041.

Cáceres, M.E.S. 2007. Corticolous crustose and microfoliose lichens of northeastern Brazil. Libri Botanici 22: 1-168.

Cáceres, M.E.S.; Lücking, R. & Rambold, G. 2007. Phorophyte specificity and environmental parameters versus stochasticity as determinants for species composition of corticolous crustose lichen communities in the Atlantic rain forest of northeastern Brazil. Mycological Progress 6(3): 117-136.

Cáceres, M.E.S.; Lücking, R. & Rambold, G. 2008a. Corticolous Microlichens in Northeastern Brazil: Habitat Differentiation Between Coastal Mata Atlântica, Caatinga and Brejos de Altitude. The Bryologist 111(1): 98-117.

Chaverri P & Vílchez B. 2006. Hypocrealean (Hypocreales, Ascomycota) Fungal Diversity in Different Stages of Tropical Forest Sucession in Costa Rica. Biotropica 38(4): 531-543.

Canseco A, Anze Rafael & Franken M. 2006. Comunidades de líquenes: indicadores de la calidad del aire en la ciudad de La Paz, Bolivia. Acta Nova 3(2): 286-307.

Carreras, H.A. & Pignata, M.L. 2002. Biomonitoring of heavy metals and air quality in Cordoba City, Argentina, using transplanted lichens. *Environmental Pollution* 117: 77–87.

Crawley MJ. 2007. *Statistical computing – an introduction to data analysis using s-plus*. John Wiley & Sons, London, UK.

Deacon JW. 2006. *Fungal Biology*. 4ed. Rev. Ed. Of: *Modern mycology* 268p.

Dyer LA & Letourneau DK. 2007. Determinants of Lichen Diversity in a Rain Forest Understory. *Biotropica* 39(4): 525-529.

Eliasaro S, Veiga PW, Donha CG & Nogueira L. 2009. Inventário de macrolíquens epífitos sobre árvores utilizadas na arborização urbana em Curitiba, Paraná, Brasil: Subsídio para biomonitoramento urbano. *Biotemas* 22(4): 1-8.

Frazer GW, Canham CD & Lertzman KP. 1999. *Gap Light Analyzer (GLA), Version 2.0: Imaging software to extract canopy structure and gap light transmission indices from true-colour fisheye photographs, users manual and program documentation*. Simon Fraser University, Burnaby, British Columbia, and the Institute of Ecosystem Studies, Millbrook, New York.

Friedel A, Oheimb GV, Dengler J & Hardtle W. 2006. Species diversity and species composition of epiphytic bryophytes and lichens – a comparison of managed and unmanaged beech forests in NE Germany. *Lüneburg: Fedds Repertorium* 117(1,2): 172-185.

Garcia, LC, Resende MQN, Pimenta MA, Machado RM, Lemos Filho JP. 2007. Heterogeneidade do dossel e quantidade de luz no recrutamento do sub-bosque de uma mata ciliar no Alto São Francisco, Minas Gerais: análise através de fotos hemisféricas. *Revista Brasileira de Biociências* 5: 99-101.

Garty J. 2001b. Biomonitoring Atmospheric Heavy Metals with Lichens: Theory and Application. *Critical Reviews in Plant Sciences* 20(4): 309–371.

Garty J. 1988. Comparisons between the metal content of a transplanted lichen before and after the start-up of a coal-fired power station in Israel. *Canadian Journal of Botany* 66(4): 668-671.

Giordani P & Incerti EG. 2008. The influence of climate on the distribution of lichens: a case study in a borderline area (Liguria, NW Italy). *Plant Ecology* 195:257–272

Gotelli NJ & Ellison AM. 2011. *Princípios de estatística em ecologia*. Porto Alegre: Artmed. 528p.

Hawksworth DL, Iturriaga T & Crespo A. 2005. Líquenes como bioindicadores inmediatos de contaminación y cambios medio-ambientales en los trópicos. *Revista Iberoamericana de Micología* 22: 71-82.

Käffer MI, Ganade G & Marcelli MP. 2007. Interação entre líquens e forófitos em quatro ambientes na FLONA de São Francisco de Paula. *Revista Brasileira De Biociências* 5: 216-218.

Käffer MI, Marcelli MP & Ganade G. 2010. Distribution and composition of the lichenized mycota in a landscape mosaico of Southern Brazil. *Acta Botanica Brasilica* 24(3): 790-802.

Koch NM, Maluf RW & Martins SMA. 2012. Comunidade de líquens foliosos em *Piptocarpha angustifolia* Dusén ex Malme (Asteraceae) em área de Floresta Ombrófla Mista no estado do Rio Grande do Sul, Brasil. *Iheringia, Série Botânica* 67(1): 47-57.

Larsen RS, Bell JNB, James PW, Chimoides PJ, Rumsey FJ, Tremper A & Purvis OW. 2006. Lichen and bryophyte distribution on oak in London in relation to air pollution and bark acidity. *London: Envirom. Pollution* 146: 332-340.

Lemos A, Käffer MI & Martins SA. 2007. Composição e diversidade de líquens corticícolas em três diferentes ambientes: Florestal, Urbano e Industrial. Porto Alegre, *Revista Brasileira de Biociências* 5: 228-230.

Lücking, R. 1998b. Ecology of foliicolous lichens at the Botarrama trail (Costa Rica), a Neotropical rain forest. III. Phorophyte ranges and patterns of phorophyte preferences. *Phyton (Horn)* 38: 195-219.

Lücking R & Bernecker-Lücking A. 2002. Distance, Dynamics, and diversity in Tropical Rainforests: an experimental approach using foliicolous lichens on artificial leaves. I. Growth performance and succession. *Ecotropica* 8: 1-13.

Lücking R, Archer AW & Aptroot A. 2009. A world-wide key to the genus *Graphis* (Ostropales: Graphidaceae). *The Lichenologist* 45(4/5): 1-90.

Lücking R, Seavey F., R. S. Common, S. Q. Beeching, O. Breuss, W. R. Buck, L. Crane, M. Hodges, B. P. Hodkinson, E. Lay, J. C. Lendemer, R. T. McMullin, J. A. Mercado-Díaz, M. P. Nelsen, E. Rivas Plata, W. Safranek, W. B. Sanders, H. P. Schaefer Jr. & J. Seavey. 2011. The lichens of Fakahatchee Strand Preserve State Park, Florida: Proceedings from the 18th Tuckerman Workshop. *Bulletin of the Florida Museum of Natural History* 49(4): 127-186.

Marmor L & Randlane T. 2007. Effects of road traffic on bark pH and epiphytic lichens in Tallinn. *Folia Cryptog. Estonica* 43: 23-37.

Martins SMA, Käffer MI & Lemos A. 2008. Líquens como bioindicadores da qualidade do ar numa área de termoeletrica, Rio Grande do Sul, Brasil. *Hoehnea* 35(3): 425-433.

Martins SMA & Marcelli M. 2011. Specific distribution of lichens on *Dodonaea viscosa* L. in the restinga area of Itapuã State Park in Southern Brazil. *Hoehnea* 38(3): 397-411.

- McCune B & Mefford MJ. 2006. PC-ORD: multivariate analysis of ecological data. Version 5.14. Gleneden Beach, Oregon: MJM Software.
- Mezaka A, Brumelis G & Piterāns A. 2008. The distribution of epiphytic bryophyte and lichen species in relation to phorophyte characters in Latvian natural old-growth broad leaved forests. Latvia: Folia Cryptog. Estonica 44: 89-99.
- Monge-Nájera J, González MI, Rossi MR & Méndez-Estrada VH. 2002a. Twenty years of lichen cover change in a tropical habitat (Costa Rica) and its relation with air pollution. *Revista de Biología Tropical* 50(1): 309-319.
- Monge-Nájera J, González MI, Rossi MR & Méndez-Estrada VH. 2002b. A new method to assess air pollution using lichens as bioindicators. *Revista de Biología Tropical* 50(1): 321-325.
- Morales AE, Lücking R & Anze R. 2009. Una Introducción al Estudio de los Líquenes de Bolivia. Universidad Católica Boliviana “San Pablo”, 2-37p.
- Nash III TH. 2008. Lichen Biology. Cambridge: Cambridge University Press. 2<sup>o</sup> ed. 496p.
- Nayaka S, Upreti DK, Gadgil M & Pandey V. 2003. Distribution pattern and heavy metal accumulation in lichens of Bangalore city with special reference to Lalbagh garden. *Current Science* 84(5): 674-679.
- Oliveira F.X, Andrade L.A & Félix L.P. 2006. Comparações florísticas e estruturais entre comunidades de Floresta Ombrófila Aberta com diferentes idades, no Município de Areia, PB, Brasil. *Acta Botanica Brasilica* 20(4): 861-873.
- Piercey-Normore MD & Depriest PT. 2001. Algal switching among lichen symbioses. *American Journal of Botany* 88(8): 1490–1498.
- Pinokiyo A & Singh KP. 2006. Leaf-colonizing lichens: their diversity, ecology and future prospects. *Current Science* 90(4): 509-518.
- Projeto cadastro de fontes de abastecimento por água subterrânea. Diagnóstico do município de Cuité, estado da Paraíba. Mascarenhas JC, Beltrão BA, Junior LCS, Morais F, Mendes VA. & Miranda JLF (eds). Recife: CPRM/PRODEEM, 2005.
- Resumo executivo. Plano Territorial de Desenvolvimento Rural Sustentável – PTDRS. Território do Curimataú – PB, 2010.
- Rivas Plata E, Lücking R, Aptroot A, Sipman HJM, Chaves JL, Umaña L & Lizano D. 2006. A first assessment of the Ticolichen biodiversity inventory in Costa Rica: the genus *Coenogonium* (Ostropales: Coenogoniaceae), with a world-wide key and checklist and a phenotype-based cladistic analysis. *Fungal Diversity* 23: 255-321.

Rodal MJN, Sales MF, Silva MJ & Silva AG. 2005. Flora de um Brejo de Altitude na escarpa oriental do planalto da Borborema, PE, Brasil. *Acta Botanica Brasilica* 19(4): 843-858.

Sáenz AE, Flores F, Madrigal L & Di Stefano JF. 2007. Estimación del grado de contaminación del aire por medio de la cobertura de líquenes sobre troncos de árboles en la ciudad de San José, Costa Rica. *Brenesia* 68: 29-35.

Schumm, F. & Aptroot, A. 2010. *Seychelles Lichen Guide*. Druck: Beck, OHG, Süssen.

Silans AP, Silva FM & Barbosa FAR. 2006. Determinação in loco da difusividade térmica num solo da região de Caatinga (PB). *Revista Brasileira de Ciência de Solo* 30: 41-48.

Silva JR, Mailard P, Costa-Pereira PS & Andrade CF. 2009. Comparação de métodos indiretos para medição de abertura do dossel no cerrado, utilizando observações obtidas nos trabalhos de campo e fotos hemisféricas digitais. Natal: Anais XIV Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto. INPE 3059-3064.

Sipman, H.J., Lücking, R., Aptroot, A., Chaves, J.L., Kalb, K. & Umaña, L.T. 2012. A first assessment of the Ticolichen biodiversity inventory in Costa Rica and adjacent areas: the thelotremois Graphidaceae (Ascomycota: Ostropales). *Phytotaxa* 55: 1-214.

Sochting U. 1999. *Lichens of Bhutan*. University of Copenhagen, Botanical Institute, Department of Mycology. 29p.

Suganuma MS, Torezan JMD, Cavalheiro AL, Vanzela ALL & Benato T. 2008. Comparando metodologias para avaliar a cobertura do dossel e a luminosidade no sub-bosque de um reflorestamento e uma floresta madura. *Revista Árvore* 32(2): 377-385.

Tabarelli M & Santos AMM. 2004. Uma breve descrição sobre a história natural dos Brejos Nordestinos. Pp 17-24. In: Pôrto KC, Cabral JJP & Tabarelli M. (Org). *Brejos de altitude em Pernambuco e Paraíba: história natural, ecologia e conservação*. Brasília: Ministério do Meio Ambiente, 324p.

Umaña L & Sipman H. 2002. *Liquenes de Costa Rica Lichens*. Santo Domingo de Heredia, Costa Rica: Instituto Nacional de Biodiversidad, INBio, 9-11p.

Webster J & Weber R. 2007. *Introduction to Fungi*. Third Edition. Cambridge University Press. 875p.

Will-Wolf S, Hawksworth DL, Mccune B, Rosentreter R & Sipman HJM. 2004. *Lichenized Fungi*. In: Mueller GM, Bills GF & Foster MS (eds). *Biodiversity of fungi: inventory and monitoring methods*. Amsterdam; Boston: Elsevier Academic Press. 777p.

Wolf JHD. 1993. Diversity patterns and biomass of epiphytic bryophytes and lichens along an altitudinal gradient in the Northern Andes. *Annals of the Missouri Botanical Garden* 80: 928-960.

Wolseley PA & Aguirre-Hudson B. 1991. Lichens as indicators of environmental change in the tropical forests of Thailand. *Global Ecology and Biogeography Letters* 1: 170-175.