

**UNIVERSIDADE FEDERAL DO ESPÍRITO SANTO
CENTRO UNIVERSITÁRIO NORTE DO ESPÍRITO SANTO
CURSO DE CIÊNCIAS BIOLÓGICAS - BACHARELADO**

**A Riqueza de Formigas Responde à
Estruturação da Vegetação em Áreas de
Restinga**

GABRIEL LINHARES CUNHA

São Mateus/ES

Março/2025

**UNIVERSIDADE FEDERAL DO ESPÍRITO SANTO
CENTRO UNIVERSITÁRIO NORTE DO ESPÍRITO SANTO
CURSO DE CIÊNCIAS BIOLÓGICAS - BACHARELADO**

**A Riqueza de Formigas Responde à
Estruturação da Vegetação em Áreas de
Restinga**

GABRIEL LINHARES CUNHA

Monografia de conclusão de curso apresentada
ao Curso de Ciências Biológicas da
Universidade Federal do Espírito Santo, como
requisito parcial para a obtenção do título de
BACHAREL EM CIÊNCIAS BIOLÓGICAS.

Orientadora: Tathiana Guerra Sobrinho

São Mateus/ES

Março/2025



UNIVERSIDADE FEDERAL DO ESPÍRITO SANTO
CENTRO UNIVERSITÁRIO NORTE DO ESPÍRITO SANTO

FOLHA DE APROVAÇÃO

Autor: Gabriel Linhares Cunha

Título: A DIVERSIDADE DE FORMIGAS RESPONDE À
ESTRUTURAÇÃO DA VEGETAÇÃO EM ÁREAS DE RESTINGA?

Monografia do Curso de Ciências Biológicas (Bacharelado)
Defendida e aprovada em 13/03/2025

Documento assinado digitalmente
gov.br TATHIANA GUERRA SOBRINHO
Data: 13/03/2025 16:20:52-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Orientadora e presidente da Comissão Examinadora
Tathiana Guerra Sobrinho

Documento assinado digitalmente
gov.br CARLOS DANIEL ASSIS DOS SANTOS
Data: 14/03/2025 07:58:57-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Carlos Daniel Assis dos Santos

Documento assinado digitalmente
gov.br DOUGLAS MARCELINO DA SILVA ROCHA
Data: 14/03/2025 16:46:43-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Douglas Marcelino da Silva Rocha

“So carry on, there's a meaning to life
Which someday we may find
Carry on, it's time to forget
The remains from the past to carry on

Follow your steps and you will find
The unknown ways are on your mind
Need nothing else than just your pride
To get there”

Angra – Carry On

AGRADECIMENTOS

Gostaria de agradecer primeiramente, à minha família, meu pai, minha mãe e meu irmão, que sempre estiveram comigo, em todos os momentos de alegria, e também de dificuldade. Me apoiaram em minhas decisões, e acima de tudo, me ajudaram a ser quem eu sou hoje.

À Tathi, uma profissional incrível, além de ser humano mais incrível ainda, que foi fundamental na minha trajetória acadêmica. Agradeço por todo o ensinamento, o suporte e paciência.

Ao LabSEI, onde conheci pessoas incríveis, e demos apoio uns aos outros, incentivando-nos e nos ajudando, em laboratório e em campo, e sempre com boas risadas. Agradeço à Camila, Duda, Guilherme, Madu e Raquel, além de desejar, claro, sucesso em seus futuros projetos. Também agradeço a todos que passaram pelo LabSEI, em que as pesquisas serviram de apoio e aprendizado. Em especial à Raranna, que foi a primeira pessoa a me mostrar o laboratório e me apresentar como algumas coisas funcionam. Ao Carlos, que foi a primeira monografia que eu li do laboratório e serviu de base do que eu viria a aprender depois. Ao Douglas, que já era um amigo e depois pude conhece-lo ainda mais e ver a pessoa incrível que é. E ao Pedro Sanders, que me ajudou e com quem aprendi bastante, principalmente no início, e que se não fosse por ele, as coisas seriam bem mais difíceis.

Agradeço à FAPES, que foi fundamental para esta pesquisa.

Ao Parque Estadual de Itaúnas e ao Instituto Estadual de Meio Ambiente e Recursos Hídricos (IEMA), pelo apoio logístico, concessão da licença de coleta e disponibilidade do alojamento, tornando possível a realização deste estudo.

E, por fim, a todos os amigos que fiz durante esses anos na UFES, que tornaram essa jornada mais leve, divertida e inesquecível. Muito obrigado a todos.

SUMÁRIO

RESUMO.....	1
1. INTRODUÇÃO E OBJETIVO.....	3
2. METODOLOGIA.....	5
<i>2.1 Áreas de estudo.....</i>	<i>5</i>
<i>2.2 Coleta de dados.....</i>	<i>6</i>
<i>2.3 Análises estatísticas.....</i>	<i>8</i>
3. RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	8
4. CONCLUSÃO.....	13
7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	14

RESUMO

A restinga é um ecossistema costeiro caracterizado por apresentar vegetação adaptada a condições ambientais adversas, como solos arenosos e alta salinidade. Essa vegetação forma um gradiente estrutural no sentido mar-interior, que influencia a distribuição e a diversidade da fauna associada. As formigas são organismos que desempenham papéis ecológicos essenciais, atuando na dispersão de sementes, na ciclagem de nutrientes e no controle populacional de outros invertebrados. Este estudo teve como objetivo avaliar a diversidade de formigas em resposta à variação estrutural da vegetação ao longo do gradiente mar-interior em duas áreas de restinga situadas no litoral norte do Espírito Santo, localizadas no Parque Estadual de Itaúnas (PEI) e na Área de Proteção Ambiental de Conceição da Barra (APA). Para isso, foram realizadas coletas de formigas utilizando armadilhas do tipo *pitfall* e levantamentos florísticos para caracterizar a vegetação nos mesmos pontos amostrais. A relação entre a diversidade de formigas e riqueza vegetal foi analisada por meio de ANCOVA, considerando a influência da heterogeneidade de plantas sobre a diversidade da mirmecofauna ao longo de um gradiente da linha da costa até o interior. Os resultados demonstraram um aumento significativo na riqueza de espécies vegetais com o afastamento do mar, o que confirma a existência de um gradiente ambiental nesse ecossistema. A riqueza de espécies de formigas também apresentou um aumento associado à maior complexidade estrutural da vegetação. Observou-se que áreas mais próximas ao mar, caracterizadas por menor cobertura vegetal, abrigaram menor riqueza de formigas em comparação com áreas mais internas, onde a vegetação mais densa provavelmente fornece mais recursos e micro-habitats mais favoráveis.

Palavras-chave: Estrutura vegetacional, heterogeneidade, PEI, APA

ABSTRACT

The restinga is a coastal ecosystem characterized by vegetation adapted to adverse environmental conditions, such as sandy soils and high salinity. This vegetation forms a structural gradient in the sea-inland direction, which influences the distribution and diversity of the associated fauna. Ants therefore play essential ecological roles, acting in seed dispersal, nutrient cycling and population control of other invertebrates. This study aimed to evaluate the diversity of ants in response to the structural variation of the vegetation along the sea-inland gradient in two restinga areas located on the northern coast of Espírito Santo, located in the Itaúnas State Park (PEI) and in the Conceição da Barra Environmental Protection Area (APA). For this purpose, ant collections were carried out using *pitfall* traps and floristic surveys to characterize the vegetation at the same sampling points. The relationship between plant richness and ant diversity was analyzed using ANCOVA, considering the influence of plant heterogeneity on the composition of the myrmecofauna. The results demonstrated a significant increase in plant species richness as the distance from the sea increased, confirming the existence of an environmental gradient in this ecosystem. Ant diversity also increased, associated with greater structural complexity of the vegetation. It was observed that areas closer to the sea, characterized by less vegetation cover, harbored less ant richness compared to more inland areas, where dense vegetation provided more resources and favorable microhabitats.

Keywords: Vegetation structure, heterogeneity, PEI, APA

1 Introdução

A Restinga é um ecossistema característico de regiões costeiras, composto por uma vegetação adaptada a condições adversas, como solos arenosos, alta salinidade e variações hídricas sazonais (Magnago et al., 2012; Maun, 2009). A vegetação de restinga apresenta grande heterogeneidade, com diferentes fitofisionomias que variam desde formações herbáceas próximas ao mar até florestas densas no interior (Vargas et al., 2007). Essa diferenciação na estrutura do ambiente, caracterizada pela vegetação, variações na composição do solo, disponibilidade de água e outros fatores ecológicos, influencia diretamente a distribuição de espécies vegetais ao longo do gradiente mar-interior, resultando em um aumento na riqueza de plantas à medida que se adentra o continente (Ribeiro, 2016).

A estrutura da vegetação em áreas costeiras pode ser influenciada por fatores abióticos, como a salinidade do solo e a disponibilidade de nutrientes. A alta salinidade, por exemplo, pode dificultar a absorção de água pelas raízes, levando a um estresse hídrico, enquanto a limitação de nutrientes pode restringir o crescimento e a produtividade vegetal (Daliakopoulos et al., 2016; Qadir et al., 2014). Estudos indicam que a riqueza de plantas tende a aumentar no sentido mar-interior devido à melhoria das condições edáficas e à redução da salinidade (Melo Júnior & Boeger, 2015; Magnago et al., 2012). Assim, os mesmos fatores também influenciam a distribuição de insetos, especialmente das formigas, na restinga. As áreas mais próximas ao oceano, que sofrem maior influência da salinidade e possuem menor complexidade vegetal, geralmente apresentam uma diversidade de formigas inferior à observada em regiões mais internas (Cardoso & Schoereder, 2014).

As formigas desempenham papéis ecológicos essenciais em todos os ecossistemas, atuando como predadoras, dispersoras de sementes e agentes de ciclagem de nutrientes (Silvestre et al., 2003). Além disso, elas são bioindicadores amplamente utilizados para avaliar a qualidade ambiental e a estrutura da vegetação (Corrêa et al., 2006; Schmidt et al., 2022;). A relação entre a fauna de formigas e a vegetação tem sido amplamente documentada em diversos ecossistemas. Estudos realizados na Mata Atlântica (Castilho et al., 2011) e em ambientes semiáridos (Barrow & Parr, 2008) confirmam que a disponibilidade de abrigo e recursos alimentares é fundamental para determinar a composição das assembleias de formigas. A complexidade estrutural da vegetação é um fator importante nesse contexto, pois, segundo Cardoso & Schoereder, 2014 e Santos et al., 2006, um aumento na complexidade das plantas pode resultar em um maior número de espécies e maior abundância de formigas. Isso ocorre

porque as plantas oferecem abrigo, recursos alimentares e uma variedade de nichos ecológicos, favorecendo a presença de diversas espécies de formigas.

Estudos conduzidos em outras formações vegetacionais têm demonstrado que a composição da comunidade de formigas pode variar em função da complexidade ambiental. Em fragmentos de Mata Atlântica e florestas secas, por exemplo, observou-se que a riqueza de espécies é influenciada pela sucessão ecológica e pela heterogeneidade estrutural do ambiente (Marques et al., 2017; Gomes et al., 2014). Na Restinga, onde a vegetação exibe um gradiente estrutural marcante, é plausível esperar um padrão semelhante, com maior riqueza de formigas associada a áreas com maior cobertura vegetal.

Além da estrutura da vegetação, fatores como a disponibilidade de sódio no solo podem influenciar a composição da mirmecofauna. O sódio é um recurso essencial para insetos terrestres e pode ser um fator estressante em ecossistemas costeiros. A exposição excessiva à este elemento, pode levar à desidratação e a desequilíbrios fisiológicos, tornando-se um fator estressante para os insetos que precisam manter a homeostase em um ambiente com altos teores salinos (Kaspari, 2020; Kaspari et al., 2016). Estudos mostram que formigas podem modificar sua dieta e comportamento em resposta à disponibilidade de sódio, o que pode impactar sua distribuição ao longo do gradiente mar-interior (Clay et al., 2017; Welti et al., 2020), uma vez que o *input* de sal advindo do oceano tende a diminuir com a distância deste.

No Brasil, pesquisas sobre a mirmecofauna da Restinga ainda são escassas, sendo necessário expandir o conhecimento sobre a composição e dinâmica dessas comunidades (Vargas et al., 2007; Schmidt et al., 2022). Portanto, o presente estudo busca contribuir para o entendimento das interações entre a vegetação e a fauna de formigas nesses ecossistemas, testando as hipóteses de que a riqueza vegetal e a diversidade de formigas aumentam no sentido mar-interior. Dessa forma, espera-se que, caso haja um aumento na riqueza vegetal no sentido mar-interior, a diversidade de formigas também aumente proporcionalmente.

Nesse sentido, os objetivos deste estudo são: (1) testar se há um aumento na riqueza de plantas no sentido mar-interior e (2) testar se a riqueza de formigas aumenta com o incremento da vegetação ao longo desse gradiente.

2 Metodologia

2.1 Áreas de Estudo

O estudo foi conduzido em duas áreas de restinga no litoral norte do Espírito Santo, uma localizada em Itaúnas, e outra no balneário de Guriri, ambas pertencentes ao município de Conceição da Barra. Essas regiões são caracterizadas por uma vegetação herbácea-arbustiva, com trechos de mata de restinga em áreas mais afastadas da linha da costa. O clima é classificado como tropical úmido, com estação chuvosa no verão e seca no inverno (Alvares et al., 2013).

As duas áreas são influenciadas por fatores edáficos e climáticos típicos de ambientes costeiros, como alta salinidade, ventos constantes e solo arenoso com baixa disponibilidade de nutrientes.

Em Itaúnas, a área de coleta está inserida no Parque Estadual de Itaúnas (PEI), ($18^{\circ}20'/18^{\circ}25'S$ e $39^{\circ}40'/39^{\circ}42'W$), unidade de conservação criada em 1991, abrangendo cerca de 3.600 hectares. O Parque foi criado em 1991, e tem como objetivo proteger ecossistemas costeiros, dentre eles a restinga. A administração do parque é gerida pelo Instituto Estadual de Meio Ambiente e Recursos Hídricos (IEMA), que promove atividades de educação ambiental, conservação da biodiversidade e incentivo à pesquisa científica (IEMA,2024).



Figura 1. Fotografia aérea da área de estudo com a representação dos pontos amostrais no PEI.

A APA (Área de Proteção Ambiental) de Conceição da Barra abrange uma área de pouco mais de 7.700 hectares, englobando ecossistemas costeiros como extensas faixas de restinga bem preservadas. A gestão também é realizada pelo Instituto Estadual de Meio Ambiente e Recursos Hídricos (IEMA), que promove atividades de conservação ambiental, manejo sustentável dos recursos naturais e desenvolvimento de programas de educação ambiental (IEMA, 2024).



Figura 2. Fotografia aérea da área de estudo com os pontos amostrais na APA de Conceição da Barra.

2.2 Coleta dos dados

A coleta das amostras foi realizada no Parque Estadual de Itaúnas no período de 29 de janeiro a 3 de fevereiro de 2024. A amostragem da APA de Conceição da Barra foi realizada no mês de maio do mesmo ano. Nas duas áreas, ao longo do gradiente mar-interior, foram

estabelecidos pontos de coleta distribuídos de forma não sistemática, respeitando uma distância mínima de 50 metros entre eles visando garantir a independência amostral.

A amostragem da mirmecofauna foi realizada utilizando armadilhas do tipo *pitfall*, um método amplamente empregado em estudos ecológicos sobre formigas por sua eficiência na captura de espécies epigéicas (Bestelmeyer et al., 2000). Foram instaladas 24 armadilhas no Parque Estadual de Itaúnas e 30 na APA de Conceição da Barra, totalizando 54 pontos amostrais. Cada armadilha consistia em um pote plástico de 250 ml enterrado ao nível do solo, contendo uma solução de água, sal e detergente. Essa solução preserva os espécimes coletados e reduz a tensão superficial do líquido, aumentando a eficiência da captura (Lopes et al., 2010). Os *pitfalls* permaneceram no campo por 72 horas, garantindo uma amostragem representativa da comunidade de formigas ativa no período. Após o período de exposição, as amostras foram recolhidas, transferidas para frascos com álcool 70%, e levadas ao laboratório para triagem, montagem e identificação através do livro "Guia para os gêneros de formigas do Brasil", e em seguida armazenadas.



Figura 3. Armadilha do tipo *pitfall*.

A riqueza de plantas foi quantificada por meio de amostragem florística nos mesmos pontos onde as armadilhas de formigas foram instaladas. Em cada ponto, foi delimitada uma parcela de 2 × 2 metros, na qual todas as espécies vegetais presentes foram registradas e morfoespeciadas, com base em características estruturais como folhas, caule, flores, frutos, raízes e o formato geral da planta. A estrutura da vegetação foi descrita com base no número total de morfoespécies registrada na área delimitada em cada ponto. Em cada ponto foram registradas as coordenadas geográficas, e, em seguida, calculada a distância até a linha da maré.



Figura 4. Representação de parcela de plantas morfoespeciadas.

2.3 Análises Estatísticas:

A escolha da ANCOVA (Análise de Covariância) para a metodologia deste estudo se deu pela necessidade de controlar a variabilidade de fatores que poderiam influenciar a variável dependente e interferir na comparação entre os grupos. Ao incluir covariáveis relevantes, a ANCOVA permite ajustar as médias dos grupos, proporcionando uma comparação mais precisa e controlada.

Primeiramente, para testar se ocorre aumento na riqueza de espécies de plantas com aumento da distância do mar para as duas localidades de estudo (APA de Conceição da Barra e Parque Estadual de Itaúnas) foi realizada uma ANCOVA, visto que o objetivo é

(análise de covariância). A riqueza de morfoespécies de plantas foi a variável resposta dependente e a distância do mar foi a variável explicativa; as localidades entraram como co-variáveis no modelo.

A seguir, para verificar se a diversidade de formigas responde ao aumento da riqueza local de plantas nas áreas de estudo, foi realizada outra ANCOVA, tendo a riqueza de espécies de formigas como variável resposta dependente e o número de morfoespécies de plantas como variável explicativa. Novamente, as localidades foram co-variáveis no modelo.

As análises foram realizadas no software R (R Development Core Team 2024), usando as distribuições de erro adequadas, corrigindo sobredispersão quando necessário. Os resultados foram considerados significativos quando os valores de p foram menores que 0,05.

3 Resultados e Discussão

No total, foram coletadas formigas pertencentes a sete subfamílias, distribuídas em 35 gêneros e 69 morfoespécies. Destas, 40 morfoespécies foram registradas exclusivamente em Conceição da Barra, seis apenas em Itaúnas, e 23 ocorreram em ambas as localidades.

A subfamília com maior número de gêneros foi **Myrmicinae** (21 gêneros), seguida por **Dolichoderinae** (3), **Formicinae** (3), **Ponerinae** (3), **Dorylinae** (2), **Ectatomminae** (2), e **Pseudomyrmecinae** (1).

Alguns gêneros foram registrados apenas em uma das áreas, como *Pheidole*, presente exclusivamente em Conceição da Barra, enquanto *Nylanderia*, por exemplo, foi coletado apenas em Itaúnas. Já gêneros como *Camponotus* e *Cephalotes* ocorreram em ambas as áreas. Outros gêneros, como, *Acromyrmex* e *Atta*, pertencentes ao grupo das formigas cortadeiras, e que, dependem da vegetação para obtenção de material vegetal para seus ninhos, também foram encontrados na duas áreas.

Como esperado, a riqueza de espécies de plantas aumentou de acordo com a distância do mar ($\text{Chi}_{(1,51)} = 17.862$; $p < 0,0001$ – Figura 4), e a riqueza de espécies de formigas aumentou com aumento da riqueza de espécies de plantas ($\text{Chi}_{(1,51)} = 6.908$; $p = 0,008$ – Figura 5), em ambas as localidades.

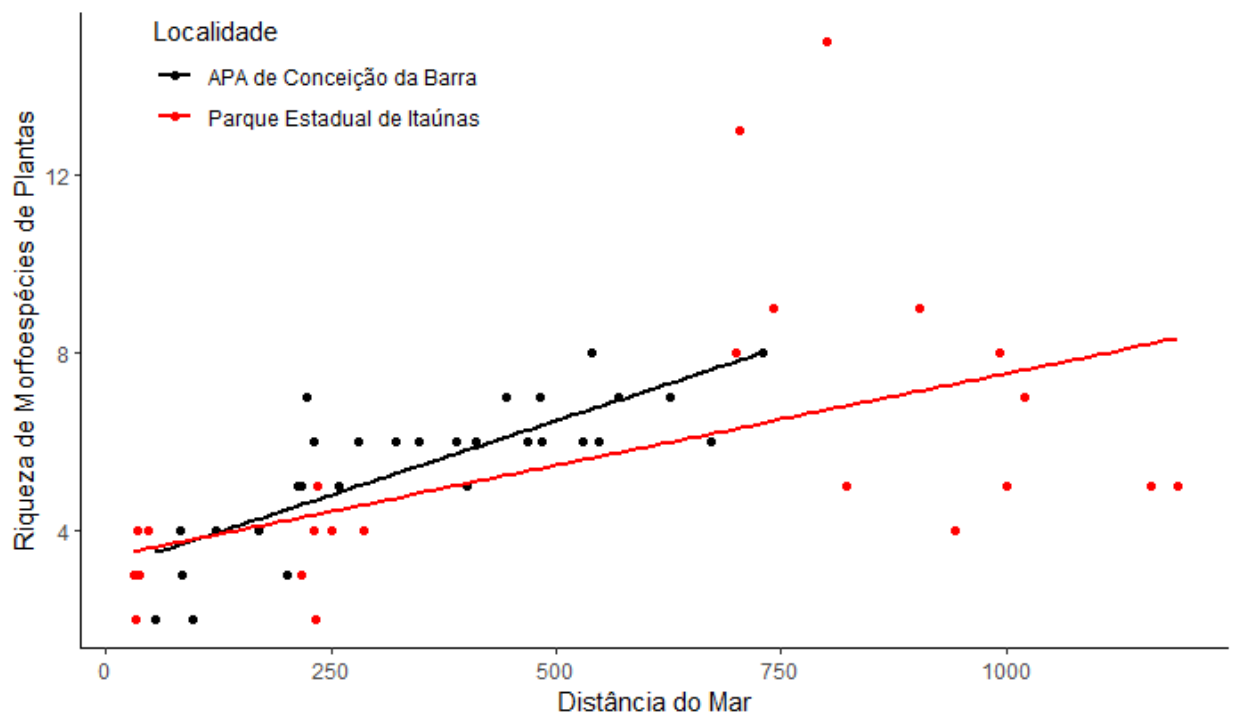


Figura 5. Relação entre a Riqueza de Morfoespécies de Plantas na Restinga e a Distância do Mar.

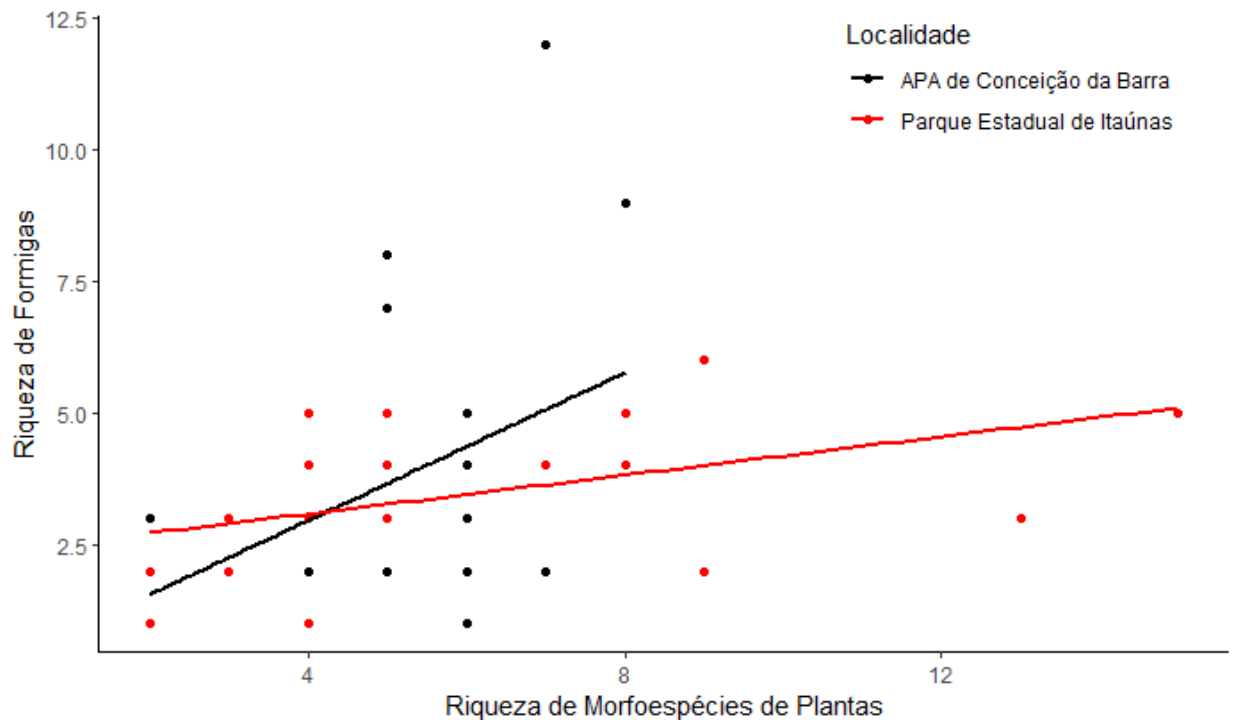


Figura 6. Relação entre a Riqueza de Formigas e Riqueza de Morfoespécies de Plantas.

A riqueza de formigas está positivamente correlacionada com a complexidade estrutural da vegetação ao longo do gradiente mar-interior, o que reforça a hipótese de que o aumento da heterogeneidade ambiental favorece a diversidade da mirmecofauna (Cardoso & Schoereder, 2014). O aumento na riqueza de espécies de plantas ao longo deste gradiente, influencia diretamente a disponibilidade de recursos para as formigas, incluindo néctar extrafloral, sementes, matéria orgânica em decomposição e locais de nidificação protegidos (Dáttilo et al., 2009; Passos & Oliveira, 2003).

Ao longo do gradiente mar-interior, foi observado aumento tanto da riqueza de espécies de plantas quanto de formigas. Isso sugere que diferentes fatores ambientais moldam a estrutura da comunidade ao longo do gradiente, sendo que as espécies de formigas mais especializadas ocorrem em determinadas faixas ambientais, enquanto espécies mais generalistas possuem ampla distribuição (Del Toro et al., 2012). Esse padrão é consistente com outros estudos em ambientes de restinga, onde variações na disponibilidade de recursos e condições ambientais influenciam a composição das assembleias de formigas (Vargas et al., 2007). Esse padrão já foi amplamente registrado em outros estudos, que demonstram que a maior diversidade e densidade de vegetação promovem a oferta de

micro-habitats e recursos alimentares essenciais para diferentes espécies de formigas (Begon et al., 2007; Castilho et al., 2011).

A deposição do sal, diminui com a distância da costa, afetando diretamente a vegetação e, conseqüentemente, a fauna associada (Kaspari, 2020). Assim, a presença de gêneros adaptados a condições mais áridas e salinas próximas ao mar, como *Dorymyrmex* e *Forelius* por exemplo, contrasta com a maior diversidade observada em ambientes mais internos, onde a cobertura vegetal densa favorece a presença de espécies de gêneros como *Cephalotes* e *Pheidole* (Cardoso & Schoereder, 2014). No caso das duas primeiras, algumas espécies destes gêneros podem ter mecanismos para tolerar ou excretar o excesso de sal, além de desenvolverem estratégias para maximizar a conservação de água e minimizar a perda hídrica, características essenciais para viver em ambientes com condições mais extremas. Essas adaptações possibilitam que esses gêneros dominem áreas com vegetação menos densa e maiores níveis de salinidade, comuns nas zonas costeiras. E, ainda segundo Cardoso e Schoereder, 2014, a maior cobertura vegetal nesses locais contribui para a retenção de umidade e oferece um microclima mais estável, com temperaturas menos extremas e menor exposição ao estresse salino. Além disso, a complexidade estrutural da vegetação pode fornecer maior disponibilidade de recursos, como alimento e abrigo, beneficiando especialmente formigas arborícolas, como *Cephalotes*, e espécies altamente diversificadas e dominantes no solo, como *Pheidole*.

Estudos indicam que formigas são bioindicadores eficazes das condições ambientais e que sua diversidade pode ser usada para monitorar a qualidade do habitat (Oliveira et al., 2014). A conservação dos ecossistemas de restinga é essencial para a manutenção da biodiversidade e dos processos ecológicos desses ambientes. A degradação da vegetação, seja por ações antrópicas ou mudanças climáticas, pode reduzir significativamente a diversidade de formigas e comprometer processos como a dispersão de sementes e a ciclagem de nutrientes, uma vez que, essas mudanças ambientais, como variações no nível do mar, alterações no regime de chuvas e ações antrópicas como desmatamento e urbanização, podem modificar significativamente essa paisagem, afetando diretamente a diversidade de organismos. (Del Toro et al., 2012; Instituto de Meio Ambiente e Recursos Hídricos, 2022). A degradação da vegetação pode resultar na homogeneização do habitat e na perda de espécies especializadas, favorecendo espécies generalistas e oportunistas, que tendem a dominar ambientes degradados (Del Toro et al., 2012). Essas mudanças podem comprometer processos ecológicos essenciais, como a dispersão de sementes e a

ciclagem de nutrientes, reduzindo a resiliência do ecossistema e sua capacidade de se recuperar de perturbações ambientais.

Dessa forma, compreender a relação entre a diversidade de formigas e plantas ao longo do gradiente mar-interior torna-se fundamental para avaliar os impactos das mudanças ambientais e embasar estratégias de conservação. Oliveira et al. (2014) ressaltam que o monitoramento da diversidade de formigas pode ser uma ferramenta eficaz para indicar alterações ambientais, sendo essencial para a preservação da biodiversidade das restingas. A manutenção da heterogeneidade ambiental e a proteção da vegetação nativa são, portanto, estratégias fundamentais para garantir a resiliência desses ecossistemas frente às mudanças climáticas e às pressões antrópicas.

4. Conclusão

Os resultados demonstraram que a riqueza de espécies vegetais aumenta à medida que se afasta do mar, indicando uma maior complexidade ambiental e, conseqüentemente, uma ampliação dos recursos disponíveis para as formigas, resultando em um aumento na diversidade desses animais em áreas onde a vegetação é mais densa. Em áreas próximas à costa, caracterizadas por menor cobertura vegetal e condições mais adversas, observou-se uma menor diversidade de formigas em comparação com as regiões mais internas, onde há maior disponibilidade de abrigo e alimento. Além disso, a distribuição das espécies ao longo do gradiente sugere que fatores ambientais determinam a presença de espécies especializadas em habitats específicos, enquanto espécies generalistas apresentam maior amplitude de ocorrência.

Referências Bibliográficas

ALVARES, Clayton Alcarde; STAPE, José Luiz; SENTELHAS, Paulo Cesar; GONÇALVES, José Leonardo de Moraes; SPAROVEK, Gerd. Köppen's climate classification map for Brazil. *Meteorologische Zeitschrift*, v. 22, n. 6, p. 711-728, 2013. doi: 10.1127/0941-2948/2013/0507.

BESTELMEYER, B. T. et al. Field techniques for the study of ground-dwelling ants: an overview, description, and evaluation. *Hymenoptera: Formicidae*, v. 122, p. 122-144, 2000.

CARDOSO, Danon Cledes; SCHOEREDER, José Henrique. Biotic and abiotic factors shaping ant (Hymenoptera: Formicidae) assemblages in Brazilian coastal sand dunes: the case of Restinga in Santa Catarina. *Florida Entomologist*, v. 97, n. 4, p. 1443-1450, 2014.

CARDOSO, D. C.; SCHOEREDER, J. H. Efeitos da distância do mar e da heterogeneidade ambiental sobre a riqueza de formigas em uma restinga no sudeste do Brasil. *Neotropical Entomology*, v. 43, n. 5, p. 421-427, 2014. doi: 10.1007/s13744-014-0237-9.

Clay, N.A., Lehrter, R.J. & Kaspari, M. (2017). Towards a geography of omnivory: Omnivores increase carnivory when sodium is limiting. *J. Anim. Ecol.*, 86, 1523–1531.

CORRÊA, Michele M.; FERNANDES, Wedson D.; LEAL, Inara R. Diversidade de formigas epigéicas (Hymenoptera: Formicidae) em capões do Pantanal Sul-Matogrossense: relações entre riqueza de espécies e complexidade estrutural da área. *Neotropical Entomology*, v. 35, p. 724-730, 2006.

DÁTTILO, Wesley et al. Interações mutualísticas entre formigas e plantas. *EntomoBrasilis*, 2009.

Daliakopoulos, I. N., Tsanis, I. K., Koutroulis, A., Kourgialas, N. N., Varouchakis, A. E., Karatzas, G. P., & Ritsema, C. J. (2016). The threat of soil salinity: A European scale review. *Science of The Total Environment*, 573, 727–739.

DEL TORO, I.; RIBBONS, R. R.; PELINI, S. L. The little things that run the world revisited. *Myrmecological News*, 2012.

GOMES, Emerson Chaves Ferreira et al. Ant assemblages (Hymenoptera: Formicidae) in three different stages of forest regeneration in a fragment of Atlantic Forest in Sergipe, Brazil. *Sociobiology*, v. 61, n. 3, p. 250-257, 2014.

INSTITUTO DE MEIO AMBIENTE E RECURSOS HÍDRICOS. Parque Estadual de Itaúnas. 2022. Disponível em: <https://iema.es.gov.br/pei>.

INSTITUTO DE MEIO AMBIENTE E RECURSOS HÍDRICOS. Área de Proteção Ambiental de Conceição da Barra. 2022. Disponível em: https://iema.es.gov.br/apa_conceicao.

KASPARI, Michael. The seventh macronutrient: how sodium shortfall ramifies through populations, food webs and ecosystems. *Ecology Letters*, v. 23, p. 880-887, 2020. doi: 10.1111/ele.13517.

Kaspari, M., Roeder, K.A., Benson, B., Weiser, M.D. & Sanders, N. (2016). Sodium colimits and catalyzes macronutrients in a prairie food web. *Ecology*, 98, 315–320.

LOPES, Danielle T. et al. Diversidade de formigas epigéicas (Hymenoptera, Formicidae) em três ambientes no Parque Estadual Mata dos Godoy, Londrina, Paraná. *Iheringia. Série Zoologia*, v. 100, p. 84-90, 2010.

MAGNAGO, L. F. S. et al. Structure and diversity of restingas along a flooding gradient in southeastern Brazil. *Acta Botanica Brasilica*, v. 26, n. 4, p. 822-833, 2012.

MARQUES, Tatianne Gizelle et al. Ant assemblage structure in a secondary tropical dry forest: the role of ecological succession and seasonality. *Sociobiology*, v. 64, n. 3, p. 261-275, 2017.

Maun M.A. (2009). *The Biology of Coastal Sand Dunes*. New York, United States: Oxford University Press.

OLIVEIRA, Marco Antonio de et al. Bioindicadores ambientais: insetos como um instrumento desta avaliação. *Revista Ceres*, 2014.

PASSOS, Luciana; OLIVEIRA, Paulo S. Interactions between ants, fruits and seeds in a restinga forest in south-eastern Brazil. *Journal of Tropical Ecology*, 2003.

Qadir, M., Quillérou, E., Nangia, V., Murtaza, G., Singh, M., Thomas, R. J., Drechsel, P., & Noble, A. D. (2014). Economics of salt-induced Land degradation and restoration. *Natural Resources Forum*, 38(4), 282–295. RIBEIRO, V. S. Determinantes das comunidades de formigas em ambientes costeiros. Dissertação (Mestrado em Entomologia) – Universidade Federal de Viçosa, 2015.

RIBEIRO, Vanessa Soares. Determinantes das comunidades de formigas em ambientes costeiros. 2016. 17 f. Dissertação (Mestrado em Entomologia) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa. 2016.

SANTOS, Mônica S. et al. Riqueza de formigas (Hymenoptera, Formicidae) da serapilheira em fragmentos de floresta semidecídua da Mata Atlântica na região do Alto do Rio Grande, MG, Brasil. *Iheringia. Série Zoologia*, v. 96, p. 95-101, 2006.

SCHMIDT, F. A. et al. Ant diversity studies in Brazil: an overview of the myrmecological research in a megadiverse country. *Insectes Sociaux*, p. 1-17, 2022.

SILVESTRE, R.; LOECK, A. E.; BANDEIRA, A. G. Formigas como indicadores biológicos de impacto ambiental em áreas de mineração. In: MACHADO, A. B. M.; DRUMMOND, G. M.; PAGLIA, A. P. (Org.). *Biodiversidade em Minas Gerais: um atlas para sua conservação*. Belo Horizonte: Fundação Biodiversitas, 2003. p. 229-236
VARGAS, André B. et al. Efeitos de fatores ambientais sobre a mirmecofauna em comunidade de restinga no Rio de Janeiro, RJ. *Neotropical Entomology*, v. 36, p. 28-37, 2007.

VARGAS, A. B. Composição, diversidade e riqueza de formigas na Restinga de Marambaia, Rio de Janeiro, Brasil. Dissertação (Mestrado em Biologia Animal) – Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, 2006.

Welti, E. A. R., Kuczynski, L., Marske, K. A., Sanders, N. J., Beurs, K. M., & Kaspari, M. (2020). Salty, mild, and low plant biomass grasslands increase top-heaviness of invertebrate trophic pyramids. *Global Ecology and Biogeography*, 00:1–12.