

UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DE PERNAMBUCO
DEPARTAMENTO DE BIOLOGIA

ISIS SANTOS CABRAL CARNEIRO

COMUNIDADE DE PEIXES NAS PISCINAS DE MARÉ DO ATOL DAS ROCAS,
BRASIL: A INFLUÊNCIA DA CONEXÃO COM O MAR

RECIFE

2016

ISIS SANTOS CABRAL CARNEIRO

COMUNIDADE DE PEIXES NAS PISCINAS DE MARÉ DO ATOL DAS ROCAS,
BRASIL: A INFLUÊNCIA DA CONEXÃO COM O MAR

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ecologia da Universidade Federal Rural de Pernambuco como parte dos requisitos necessários para obtenção do grau de Mestre em Ecologia
Orientadora: Profa. Dra. Ana Carla Asfora El-Deir.

RECIFE

2016

Ficha Catalográfica

C289c Carneiro, Isis Santos Cabral
Comunidade de peixes nas piscinas de maré do Atol das Rocas,
Brasil: a influência da conexão com o mar / Isis Santos Cabral Carneiro.
– . Recife, 2016.
61 f. : il.

Orientadora: Ana Carla Asfora El-Deir.
Dissertação (Mestrado em Ecologia) – Universidade Federal
Rural de Pernambuco, Departamento de Biologia, Recife, 2016.
Inclui referências, anexo(s) e apêndice(s).

1. Caracterização ecológica 2. Ictiofauna 3. Reserva biológica
4. Categoria trófica I. El-Deir, Ana Carlas Asfora, orientadora II. Título

CDD 574.5

ISIS SANTOS CABRAL CARNEIRO

COMUNIDADE DE PEIXES NAS PISCINAS DE MARÉ DO ATOL DAS ROCAS,
BRASIL: A INFLUÊNCIA DA CONEXÃO COM O MAR

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ecologia da Universidade Federal Rural de Pernambuco como parte dos requisitos necessários para obtenção do grau de Mestre em Ecologia

Orientadora: Profa. Dra. Ana Carla Asfora El-Deir

Aprovada em 22 de fevereiro de 2016.

BANCA EXAMINADORA

Prof^a. Dr^a. Ana Carla Asfora El-DEir (Orientadora)
Universidade Federal Rural de Pernambuco

Prof^a. Dr^a. Danielle de LimaViana
Universidade Federal Rural de Pernambuco

Prof^o. Dr^o. Mauro de Melo Júnior
Universidade Federal Rural de Pernambuco

Prof^a Dr^a. Paula Braga Gomes
Universidade Federal Rural de Pernambuco

Prof^o. Dr^o. Geraldo Jorge Barbosa de Moura (Suplente)
Universidade Federal Rural de Pernambuco

“Os dois dias mais importantes

Mark Twain

AGRADECIMENTOS

Sou grata primeiramente a Deus, porque para mim a fé move tudo e preenche a alma.

À minha família por sempre acreditar em mim e em minhas escolhas, agradeço aos meus pais, que amo tanto, pelo apoio durante os estudos, por incentivar o que eu faço e por assistirem todos documentários sobre a natureza só pra tentar entender um pouco as coisas que faço e compreender porque amo meu trabalho. Agradeço à minha irmã, Milena, que sempre está disposta a me ajudar não importa a hora nem o lugar.

Ao meu melhor amigo e namorado Vinícius Lacerda por sempre me apoiar em todas as minhas escolhas, me fazer pensar positivo sempre e me ajudar em todos os momentos.

À minha orientadora Ana Carla Asfora El-Deir que me deu muitas oportunidades, me ensinou a trabalhar com ecologia de peixes, confiou e acreditou em mim. Obrigada também por ser essa pessoa tão maravilhosa.

Ao meu Co-orientador Paulo Guilherme Vasconcelos de Oliveira por me dar a oportunidade de fazer as pesquisas no Atol das Rocas através de seu projeto de pesquisa.

Aos meus amigos Luísa e Dráusio por me dar força nas coletas, me incentivar na minha pesquisa e compartilhar boas risadas.

Aos meus amigos Ana Laura Tribst e Frederico Osório por me ajudar nas coletas e por apoiarem minha pesquisa.

Ao meu grande amigo Jarian Dantas por compartilhar tanto conhecimento comigo, sou muito grata por ele ter me ensinado tantas coisas sobre o Atol das Rocas. Hoje sou completamente apaixonada pelo Atol e sei o quanto ele ama esse lugar, não só pela beleza natural mas por tudo que o atol nos oferece. Sou muito grata também por ter me ajudado nas coletas, por lavar os pratos no sol quente junto comigo e a cozinhar a melhor farofa do mundo! Obrigada por tudo Jari.

À Maurizélia de Brito Silva, Chefe da ReBio Atol das Rocas/ICMBio-MMA, mais conhecida por Zelinha. Obrigada pelo apoio a minha pesquisa, o amor que ela sente pelo Atol é tão bonito que a única vontade que as pessoas boas sentem é de proteger o lugar e de cuidar do atol tanto quanto ela.

Ao Capitão do Borandá Zeca e a sua tripulação, principalmente a Jarian e Ceará pelas suas histórias e dotes culinários. Obrigada pelo carinho e pelo cuidado de vocês para que todos cheguem bem e com segurança.

Ao Programa de Pós-Graduação em Ecologia da UFRPE, que possibilitou a realização do Mestrado.

À CAPES pela bolsa de estudo

RESUMO

Os ambientes recifais apresentam a maior diversidade de espécies dentre os ecossistemas marinhos. As comunidades de peixes recifais são caracterizadas pela sua elevada diversidade, tanto em termos de números de espécies como em morfologia, sendo componentes importantes da biota destes ambientes, atuando na estruturação das comunidades através de processos de predação e competição. A estrutura da ictiofauna responde a diversos fatores ambientais (regime de pluviosidade, geomorfologia do ambiente, dinâmica da maré, transparência da água, qualidade e tipo de matéria orgânica, velocidade das correntes e disponibilidade dos recursos alimentares), esses fatores influenciam na distribuição espacial e temporal das espécies. Desta forma, o presente objetivou compreender a distribuição espaço temporal da ictiofauna entre as piscinas com ou sem conexão com o mar aberto no Atol das Rocas, identificando as características ambientais com maior influência na estruturação da ictiofauna. Este é o único atol do Oceano Atlântico Sul e está localizado a 266 km da costa brasileira, difere dos outros atóis porque é composto exclusivamente por algas coralíneas incrustantes. Em seu platô ocorrem piscinas de maré, canais e ilhas arenosas. Foram realizadas 90 horas de mergulho, em duas piscinas com conexão com o mar aberto e duas sem conexão, por meio de cinco transectos dispostos linearmente da borda para o centro da piscina, abrangendo os períodos seco e chuvoso. Foram registrados os dados de temperatura, salinidade, pH e oxigênio dissolvido da água de cada piscina tanto no período seco como no chuvoso. Foi identificada a composição do substrato das piscinas através da metodologia de fotografias utilizando o programa Coral Point Count with Excel Extensions. Foram observados 12.065 indivíduos, distribuídos em 20 famílias e 33 espécies. As piscinas com conexão com o mar apresentaram os maiores valores de diversidade e abundância e apresentaram como espécie mais abundantes *Thalassoma noronhanum*, *Acanthurus chirurgus*, *Abudefduf saxatilis* e *Stegastes rocacensis*, essas espécies equivalem a 87,3% da abundância relativa dessas piscinas. As piscinas sem conexão com o mar apresentaram uma diferença na composição ictiofaunística em comparação com as piscinas fechadas, sendo as espécies mais abundantes o *Abudefduf saxatilis*, *A. chirurgus*, *T. noronhanum* e *Haemulonchrysargyreum*. Os valores de riqueza, diversidade e equitabilidade variaram entre períodos climáticos e tipo de conexão. Foi observada uma correlação entre a diversidade e profundidade ($rS=0,322$ e p

<0,05). Foram observados sete tipos de substrato: coral, zoantídeo, alga turf, macroalga, alga coralínea, cascalho e areia. O substrato apresentou correlação entre as duas piscinas abertas com $rS = 0,857$ e $p < 0,05$ onde ambas apresentaram macroalgas como maior parte do substrato. No Atol das Rocas o tipo de conexão e profundidade da piscina, período do ano e o tipo de substrato influenciam na composição e distribuição da ictiofauna entre as piscinas.

Palavras-chave: Caracterização ecológica. Ictiofauna. Reserva biológica. Categoria trófica

ABSTRACT

The reef environments have the highest species diversity among marine ecosystems. The reef fish communities are characterized by their high diversity, both in terms of numbers of species as in morphology and are important components of the biota of these environments, working in the structuring of communities through predation and competition processes. The structure of fish populations respond to various environmental factors (rainfall regime, environmental geomorphology, tidal dynamics, water transparency, quality and type of organic matter, current velocity and availability of food resources), these factors influence the spatial distribution and temporal species. Thus, this aimed to understand the timeline distribution of fish populations between the pools with or without connection to the open sea in Rocas Atoll, identifying the environmental characteristics with the greatest influence on the structure of fish populations. This is the only atoll in the South Atlantic Ocean and is located 266 km off the Brazilian coast, differs from other atolls because it is composed exclusively of algae encrusting coralline. In its plateau occur tidal pools, canals and sandy islands. 90 hours of diving were held in two pools with connection to the open sea and two disjoint through five linearly arranged transects the edge to the center of the pool, including the dry and rainy seasons. The temperature data were recorded, salinity, pH and dissolved oxygen from each pool much water in the dry season and the rainy. It was identified to the substrate composition of the pools through the photos using the methodology Coral Point Count with Excel Extensions program. 12,065 individuals, distributed in 20 families and 33 species were observed. The pools with connection with the sea showed the highest values of diversity and abundance and presented as the most abundant species *Thalassoma noronhanum*, *Acanthurus chirurgus*, *Abudefduf saxatilis* and *Stegastes rocacensis*, these species are equivalent to 87.3% of relative abundance these pools. The pools without connection with the sea showed a difference in the fish community in comparison to the pools with connection, being the most abundant species the *A.saxatilis*, *A. chirurgus*, *T. noronhanum* and *Haemulon chrysargyreum*. The richness, diversity and equitability varied between climatic periods and connection type. A significant correlation between the diversity and depth ($R_S 0,322e = p <0.05$) was

observed. They were observed seven types of substrate: coral, zoanthid, turf algae, seaweed, corallinae algae, gravel and sand. The substrate showed a correlation between the two pools open with $rS = 0.857$, $p < 0.05$ where both presented seaweed as most of the substrate. In Rocas Atoll the connection type and depth of the pool, time of year and the type of substrate influence the composition and distribution of fish populations between the pools.

Keywords: Ecological characterization. Ichthyofauna. Biology Reserve. Trophic category.

LISTA DE FIGURAS

Figura	Pág.
Figura 1. Localização do Atol das Rocas. Fonte: Natan Silva Pereira (Pereira et al., 2010).	32
Figura 2. Localização das piscinas de maré onde foram realizados os mergulhos: 11) Âncoras; 17) Podes Crê; 21) Donzelinha; 23) Barreta Falsa. Fonte: Natan Silva Pereira.	33
Figura 3. Abundância relativa das espécies de peixes recifais observadas nas piscinas com e sem conexão com o mar.	36
Figura 4. Abundância relativa das espécies mais observadas nas piscinas com e sem conexão com o mar.	36
Figura 5. Abundância relativa das espécies de peixes mais abundantes entre os períodos seco e chuvoso.	38
Figura 6. Valores de riqueza, abundância, diversidade e equitabilidade da comunidade de peixes recifais em distintas piscinas com ou sem conexão com o mar.	39
Figura 7. MDS em relação à abundância das espécies que ocorrem entre as piscinas com conexão e sem conexão e entre os períodos seco e chuvoso.	40
Figura 8. MDS em relação às guildas tróficas entre as espécies que ocorrem entre as piscinas com conexão e sem conexão e entre os períodos seco e chuvoso.	41
Figura 9. Número de indivíduos e suas respectivas categorias alimentares: CAR: Carnívoras, CIM: Comedoras de Invertebrados Móveis, CIS: Comedoras de Invertebrados Sésseis, HT: Herbívoras territoriais, HER: Herbívoras Vagueadoras, OMN: Onívoras, PIS: Piscívoras e PLS: Planctívoras, encontradas entre as piscinas com e sem conexão com o mar.	41

Figura 10. Número de indivíduos e suas respectivas categorias alimentares: CAR: 42 Carnívoras, CIM: Comedoras de Invertebrados Móveis, CIS: Comedoras de Invertebrados Sésseis, HT: herbívoras territoriais, HER: Herbívoras Vagueadoras, OMN: Onívoras, PIS: Piscívoras e PLS: Planctívoras encontradas entre os períodos seco e chuvoso.

Figura 11. Composição do substrato entre as piscinas: Barreta Falsa (com conexão), 43 Podes Crer (com conexão), Âncoras (sem conexão) e Donzelinha (sem conexão).

LISTA DE TABELA

Tabela	Pág.
Tabela 1. Lista de espécies observadas e organizadas por ordem filogenética de acordo com Nelson (2006). Piscinas de maré fechadas: Âncoras (AN) e Donzelinha (DZ), e piscinas de maré abertas: Barreta Falsa (BF) e Podes Crer (PC), na Reserva Biológica do Atol das Rocas. Categorias tróficas (CT): CAR = carnívoros generalistas; CIM = comedores de invertebrados móveis; CIS = comedores de invertebrados sésseis; OMN = onívoros; PIS = piscívoros; PLC = planctívoros; HER = herbívoros vageadores; HT = herbívoros territoriais. N= número total de indivíduos observados durante o período avaliado.	35
Tabela 2. Riqueza, abundância, diversidade e equitabilidade ente as piscinas de maré com e sem conexão com o mar e os períodos climáticos.	38
Tabela 3. Táxons entre as piscinas de maré com e sem conexão e nos períodos climáticos.	39
Tabela 4. Grupos tróficos entre as piscinas de maré com e sem conexão com o mar e nos períodos climáticos.	40

	Pág.
SUMÁRIO	
RESUMO	x
ABSTRACT	xii
LISTA DE FIGURAS	xiii
LISTA DE TABELAS	xiv
INTRODUÇÃO GERAL	16
REVISÃO DE LITERATURA	17
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	22
Capítulo 1- Comunidade de peixes nas piscinas de maré do Atol das Rocas, Brasil: a influência da conexão com o mar.	29
ABSTRACT	30
INTRODUÇÃO	31
MATERIAL E MÉTODOS	32
RESULTADOS	35
DISCUSSÃO	43
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	46
APÊNDICE I	49
ANEXO A	53

INTRODUÇÃO GERAL

Ambientes recifais são conhecidos por apresentarem a maior diversidade de espécies dentre os ecossistemas marinhos, assim, estes ambientes abrigam mais de 25% de todas as espécies de peixes marinhos já descritas (CHOAT e BELLWOOD, 1991). As comunidades de peixes recifais são caracterizadas pela sua elevada diversidade, tanto em termos de números de espécies como em morfologia, sendo componentes importantes da biota destes ambientes, atuando na estruturação das comunidades através de processos de predação e competição. (SPALDING et al., 2001).

Nos ambientes recifais, no período de baixa mar, pode ocorrer a formação de piscinas de maré, das quais aquelas consideradas do tipo abertas são as que não perdem conexão com o mar, mesmo em marés muito baixas. Por apresentarem essa característica, essas piscinas podem apresentar uma menor variação da temperatura e mudanças menos drásticas nas condições físico-químicas da água. Também é esperado que ocorra um fluxo de espécimes entrando e saindo da piscina, principalmente de carnívoros e herbívoros não territoriais, em busca de alimento. É importante observar, entretanto, que a capacidade de locomoção que as espécies possuem não é mesma, e que, portanto, esse fluxo não funcionará igualmente para todas elas. Outro tipo de piscinas de maré que podem ocorrer são as classificadas como fechadas pois as mesmas encontram-se totalmente cercadas por formações rochosas que ocasionam uma desconexão hídrica de superfície com o mar aberto. São estas piscinas que apresentam os efeitos característicos do isolamento de corpos d'água no ambiente recifal, tais como aumento da temperatura e salinidade e outras mudanças físico-químicas acentuadas da água. (DAVENPORT e WOOLMINGTON, 1981).

A estrutura da ictiofauna responde a numerosos fatores ambientais, que provocam esta dinâmica, influenciando na distribuição espacial e temporal. Tais fatores incluem: regime de pluviosidade, geomorfologia do ambiente, dinâmica da maré, transparência da água, qualidade e tipo de matéria orgânica, velocidade das correntes e disponibilidade dos recursos alimentares (CAMARGO e ISAAC, 2003). As características do sedimento, a heterogeneidade de substrato e a presença ou ausência de vegetação influenciam a composição e estrutura das assembleias de peixes devido aos seus efeitos indiretos sobre a disponibilidade de presas e proteção contra predadores. (PRISTA et al., 2003).

Estudos têm mostrado que a distribuição de certas espécies ou comunidades de peixes é determinada pela estrutura das assembleias bênticas, principalmente, devido aos hábitos de forrageamento das espécies (EDGAR e SHAW, 1995; STAL et al., 2007). As espécies de

peixes zoobentívoras e a maioria das piscívoras têm sido documentadas como as mais abundantes nos fundos marinhos e, geralmente, estão associadas a determinados substratos, de acordo com a disponibilidade alimentar. Já espécies planctívoras ou onívoras, geralmente distribuem-se mais aleatoriamente, não apresentando dependência dos diferentes substratos. (PRISTA et al., 2003).

Para entender a distribuição das espécies, levantamentos ictiofaunísticos são importantes, pois fornecem indicativos da diversidade local, subsidiam comparações zoogeográficas e permitem inferências sobre a interconectividade e interdependência ecológica entre diversos ecossistemas (JOYEUX et al., 2001). Neste contexto, a hipótese do presente estudo sugere que a estruturação das comunidades de espécies recifais estão distribuídas nas piscinas de acordo com a conexão com o mar, a estação do ano e os parâmetros ambientais da água.

Desta forma, o presente estudo objetivou compreender a distribuição espaço temporal da ictiofauna entre as piscinas com ou sem conexão com o mar aberto no Atol das Rocas, identificando as características ambientais com maior influência na estruturação da ictiofauna.

REVISÃO DA LITERATURA

Levando em conta o fato de que as espécies não existem isoladas na natureza, as comunidades bióticas são consideradas o nível de organização mais fundamental para se analisar as questões ambientais (KREBS, 1985). Um dos principais objetivos da ecologia de comunidades é determinar os fatores que influenciam as comunidades e como esses fatores são responsáveis pela sua estruturação (LUCKHURST e LUCKHURST 1978; FERREIRA et al., 2001).

Rocha et al. (2007), afirmaram que a heterogeneidade de habitats geralmente está relacionada a uma maior diversidade. Por sua variedade de nichos, os recifes de coral estão entre os ambientes mais diversos do planeta. Representam, no ambiente marinho, os locais onde os processos de especiação se deram – e se dão – com maior intensidade e, por isso, são chamados de hotspots. (BRIGGS, 2003; JOYEUX et al., 2001).

O termo “recifes biológicos” foi empregado para caracterizar de forma abrangente os substratos consolidados marinhos criados por organismos independente da predominância de determinados grupos (VILLAÇA, 2002). Um exemplo conhecido em águas brasileiras de recife biológicos é o Atol das Rocas, que mesmo contendo corais em sua composição, é constituído em sua maioria por algas calcárias (KIKUCHI e LEÃO 1997).

A costa brasileira pode ser dividida em cinco grandes áreas, sendo três delas formações afastadas do litoral: 1- Arquipélago de São Pedro e São Paulo; 2-Fernando de Noronha e Atol das Rocas; 3- Ilha Trindade; e duas que dividem o litoral brasileiro: 4- Dos Recifes Manuel Luís (MA) até o arquipélago dos Abrolhos (BA), e 5-De Guarapari (ES) até Santa Catarina. (FLOETER et al., 2001).

Excluindo as ilhas oceânicas brasileiras, por suas diferenças na composição específica em relação à costa (ROCHA, 2003), é possível dividir as áreas restantes em dois grupos. Um corresponderia à ocorrência de águas mais frias na porção sul da costa (subtropical) e outra à ocorrência de águas mais quentes na porção norte da mesma (tropical), corroborando com a ideia de que a temperatura da água poderia influenciar na distribuição das espécies, correspondendo a uma barreira ou filtro à dispersão e estabelecimento dos organismos. (FLOETER et al., 2001; FERREIRA et al., 2004).

Hoje se sabe que a maioria das espécies comuns a todo o Atlântico teve origem em sua porção oriental e atualmente são encontradas também na costa brasileira. Da mesma forma, muitas outras espécies são comuns ao Caribe e à costa do Brasil (FLOETER et al., 2008). O sucesso da colonização, em geral, pode estar menos associado à capacidade de dispersão e mais com a capacidade de persistência e às preferências de assentamento das espécies. Nos últimos anos, a ferramenta da genética, juntamente com o estudo de eventos eustáticos e geológicos, nos permite confirmar algumas hipóteses formuladas acerca da dispersão e distribuição destas espécies. (ROCHA et al., 2007; JOYEUX et al., 2001).

Há cerca de duas décadas, técnicas de levantamento subaquático vêm sendo utilizadas no estudo da ecologia de peixes recifais (SALE, 1991). Estas técnicas têm a vantagem de não serem destrutivas, terem um nível de interferência ambiental muito baixo e de permitirem a observação dos peixes no seu habitat natural. Com isto, é possível que sejam coletados simultaneamente dados sobre composição específica, estrutura populacional e ecologia das comunidades de peixes. (FERREIRA, 1995).

Nos ambientes recifais no período de maré baixa pode acarretar o isolamento de uma porções de água do mar, com isso temos a formação das piscinas de maré, onde podemos encontrar piscinas que perdem a conexão com mar aberto também denominadas piscinas fechadas, nessas piscinas pode ser observado um aumento da temperatura e salinidade local, ao passo que a ocorrência de chuvas pode reduzir esse aumento (GIBSON, 1999; HORN et al., 1999; ZANDER et al., 1999). Esse isolamento, entretanto, pode não ocorrer de forma completa em algumas piscinas de maré, existem piscinas de maré que mesmo com a maré baixa apresentam conexão com o mar aberto, isso pode acarretar um abrandamento dos

efeitos causados pela desconexão da piscina com o mar aberto, já que há uma constante troca de água com o mar aberto dentro dessas piscinas. (DANTAS, 2013).

Apenas as espécies residentes e as transitórias que suportam tais mudanças são capazes de sobreviver nesse ambiente e, para tanto, possuem muitas adaptações. Essas adaptações podem ser físicas, comportamentais ou fisiológicas. Alguns exemplos são mudanças no comportamento de forrageio, no uso das propriedades dos habitats ou alterações nas taxas de consumo de oxigênio. (CUNHA et al., 2007; CUNHA et al., 2008; MACIEIRA e JOYEUX, 2011).

As únicas formações recifais do Atlântico Ocidental Sul são os recifes brasileiros sendo distribuídos por, aproximadamente, 3000 km de costa, do Maranhão (0° 50'S) ao Sul da Bahia (19°S) (KIKUCHI et al., 2003). Nessa área existem 16 unidades de conservação que abrangem uma parcela desses ambientes (MAIDA e FERREIRA, 1997). Essas Unidades de Conservação são divididas em unidades de conservação de uso sustentável, que têm o objetivo de preservar a natureza, sendo admitido apenas o uso indireto dos recursos naturais, e as unidades de conservação de proteção integral, que têm o objetivo de preservar a natureza, sendo admitido apenas o uso indireto dos recursos naturais (MMA, 2012).

No Brasil, as unidades de conservação de proteção integral ou, ainda, as áreas de exclusão de pesca, que podem ser estabelecidas dentro das unidades de uso sustentável ou mesmo fora dessas, equivalem às internacionalmente conhecidas como reservas marinhas, o Atol das Rocas, o único do oceano Atlântico Sul, foi a primeira Unidade de conservação Marinha Federal a ser estabelecida e foi classificada como Reserva Biológica. (MMA, 2012; SNUC, 2000)

O estabelecimento de uma estação permanente na reserva biológica do Atol das Rocas em 1994 permitiu o desenvolvimento de diversos projetos científicos. São exemplos de alguns destes estudos os desenvolvidos por Kikuchi (1994) com geomorfologia, estratigrafia e sedimentologia do Atol das Rocas, classificação do recife biogênico por Soares et al. 2009, mapeamento geomorfológico e morfodinâmica por Pereira, 2010. Rosa e Moura (1997), realizaram um estudo sobre a estrutura da comunidade de peixes recifais em diferentes áreas do Atol, Vêras e Tolloti (2010), caracterizaram a distribuição e estrutura da ictiofauna na parte interna do Atol das Rocas, Pinheiro (2006), buscou comparar a ecologia (abundância, riqueza, diversidade e estrutura trófica) da ictiofauna em áreas com características contrastantes no Atol das Rocas, mas não levou em consideração a influência dos fatores abióticos em suas análises, Longo (2015), analisou a variação da cobertura bêntica, as

assembléias de peixes e a pressão da herbivoria entre as piscinas de maré no Atol das Rocas.

Um número crescente de trabalhos tem surgido nos últimos anos, tais como, levantamentos ictiofaunísticos (MEDEIROS e ROSA, 2011; PINHEIRO, 2015; ANDERSON et al., 2015), descrição de novas espécies (MOURA e CASTRO, 2002; MOURA e LINDERMAN, 2007; CARVALHO FILHO, 2009, 2011), distribuição geográfica (GUIMARÃES, 1996; FLOETER e GASPARINI, 2000; FLOETER et al., 2001; FEITOZA et al., 2005) e estudos sobre estrutura de comunidades recifais (ROCHA e ROSA, 2001; FERREIRA et al., 2001, JARDEWESKI e ALMEIDA, 2005; PINHEIRO, 2006; SILVEIRA, 2010; VÉRAS e TOLLOTI, 2010; MEDEIROS e ROSA 2011; CHAVES, 2013; PEREIRA et al., 2014; LONGO, 2015; PINHEIRO et al., 2015).

Em ambientes recifais, a organização das comunidades de peixes está intimamente relacionada à estrutura física do habitat. Estudos têm investigado os efeitos das características do substrato na estrutura destas comunidades (BRAGA, 2008; KRAJEVSKI, 2010; MEDEIROS E ROSA, 2011; FERREIRA, 2015; LONGO, 2015).

O entendimento de como ocorre a organização das comunidades de peixes em recifes também tem sido um dos objetivos centrais da ecologia de peixes recifais nas últimas décadas (DENNY, 1994). No entanto, apesar do grande interesse sobre o tema (CHABANET et al., 1997; FERREIRA et al., 2001; HERCOS 2006; FLOETER et al., 2007), muita controvérsia existe com relação aos mecanismos que influenciam as taxocenoses de peixes recifais, e novas questões são frequentemente levantadas (ALMANY, 2004; GRATWICKE e SPEIGHT, 2005).

Os principais parâmetros ambientais conhecidos por afetar a organização espacial da ictiofauna são a salinidade (MARSHALL e ELLIOTT, 1998; WHITFIELD, 1999) e a profundidade (HYNDES et al., 1999; AZEVEDO et al., 2007). Além destes, variações na temperatura (BLABER, 2000), no pH (FÁVARO, 2004), na turbidez (CYRUS e BLABER, 1992) e em alguns componentes dos habitats, tais como a composição e tipo de substrato (BLABER e BLABER, 1980), também são reconhecidamente fatores que interferem nesta organização.

A estrutura e o arranjo espacial dos diferentes habitats são importantes fatores que atuam na distribuição, abundância, riqueza específica, diversidade e composição das assembleias de peixes, podendo também interferir na intensidade e nos tipos de interações ecológicas entre as espécies. (GODSELL e CONNELL, 2005).

Entender como os fatores ambientais influenciam na composição e distribuição dos peixes recifais frente às capacidades inerentes das espécies é um dos desafios da biologia.

Ainda nos falta determinar a existência e o funcionamento de muitas das supostas barreiras que influenciam na dispersão das espécies dos peixes recifais da costa brasileira. (OLIVEIRA, 2011).

REFERÊNCIAS

- AMARANTE, A. **De olho no peixe**: guia fotográfico para identificação de peixes marinhos Brasil e Caribe. São Paulo: Cultura Sub Ary Amarante, 62 p. 2009.
- ANDERSON, A. B. et al. Brazilian tropical fishes in their southern limit of distribution checklist of Santa Catarina's rock reef ichthyofauna, remarks and new records. **Check list**, Santa Catarina, v. 11, n. 4, p. 1688. 2015.
- BLABER, S. J. M.; BLABER, T. G. Factors affecting the distribution of juvenile estuarine and inshore fish. **Journal of Fish Biology**, v. 17, p. 143-162. 1980.
- BLABER, S. **Tropical estuarine fishes**: ecology, exploitation and conservation. London: Blackwell Science, 372 p. 2000.
- BRAGA, M. R. **Composição, distribuição e variação temporal de peixes recifais nas Ilhas Itacolomis, SC**. 2008. 141 f. Tese (Doutorado em Ciências Biológicas) - Universidade Federal do Paraná, Paraná.
- BROTTO, D. S.; ARAÚJO F. G. Habitat selection by fish in an artificial reef in Ilha Grande Bay, Brazil. **Brazilian Archives of Biology and Technology**, Rio de Janeiro, v. 4, p. 319-324. 2001.
- CAMARGO, M.; ISAAC, V. J. Ictiofauna estuarine. In: FERNANDES, M. E. B. (Ed.). **Osos manhuezais da costa norte brasileira**. Maranhão: Fundação Rios Bacanga, 2003. p. 105-142.
- CARPENTER, K. E. (Ed.). 2002. **FAO FishFinder**. Western Central Atlantic. Disponível em: <http://www.fao.org/fishery/fishfinder/en>. Acesso em: 22 jan. 2015.
- CARPENTER, K. E. et al. **The influence of substrate structure on the local abundance and diversity of Philippine Reef Fishes**. In: IV INTERNATIONAL CORAL REEF SYMPOSIUM, Manila, v. 2, p. 497-502. 1981.
- CHABANET, P. et al. Relationship between coral reef substrata and fish. **Coral Reefs**, Local, v. 16, p. 93-102. 1997.
- CHAGAS, L. P. Changes in estuarine fish subtidal assemblages in tropical Brazil. **Journal of Marine Biology Assessment**, Umbria, SC, v. 86, p. 861-875. 2006.
- CARPENTER, K. E.; MICLAT, R. I.; ALBALADEJO, V. D.; CORPUZ, V. T. The influence of substrate structure on the local abundance and diversity of Philippine Reef Fishes. **Proceedings of the 4th International Coral Reef Symposium**. v.2, p. 497-502. 1981.
- CHOAT, J. H.; BELLWOOD, D. R. Reef fishes: their history and evolution. In: SALE, P. F. (Ed.). **The Ecology of fishes on coral reefs**. San Diego: Academic Press Inc, San Diego, Cap. 3, p. 39-68. 1991.

CUNHA, E. A. et al. Comparative analysis of tidepool fish species composition on tropical coastal rocky reefs at State of Ceará, Brazil. **Iheringia. Série Zoologia**, v. 98, p. 379- 390. 2008.

CUNHA, F. E. D. A.; MONTEIRO NETO, C.; NOTTINGHAM, M. C. Temporal and spatial variations in tidepool fish assemblages of the northeast coast of Brazil. **Biota Neotropica**, v. 7, p. 111-118, 2007.

CYRUS, D. P.; BLABER, S. J. M. 1992. Turbidity and salinity in a tropical northern Australian estuary and their influence on fish distribution. **Estuarine Coastal and Shelf Science**, v. 35, p. 545-563. 1991.

DENNY, M. W. Roles of hydrodynamics in the study of life on wave-swept shores. In Ecological morphology. Integrative organismal biology (Wainwright, P. C., Reilly, S. M., eds.) **University of Chicago Press**, Chicago. p.169-204. 1994.

EDGAR, G. J.; SHAW, C. The production and trophic ecology of shallow-water fish assemblages in southern Australia: general relationship between sediments, seagrasses, invertebrates and fishes. **Journal of Experimental in Marine Biology and Ecology**, Australia, v. 194, p. 107-131. 1995.

FÁVARO, L. F. **A Ictiofauna de áreas rasas do complexo Estuarino Baía de Paranaguá, Paraná**. 2004. 98 f. Tese (Doutorado em Ciências Biológicas) - Universidade Federal de São Carlos, São Paulo.

FEITOZA, B. M. *Platygillellus brasiliensis* n. sp. (Perciformes: Dactyloscopidae) the third species of the genus from the Atlantic. **Ichthyology Aquatic Biology**, v. 6, n. 1, p. 21-28. 2002.

FEITOZA, B. M.; ROSA, R. S.; ROCHA, L. A. Ecology and zoogeography of deep reef fishes in northeastern Brazil. **Bulletin of Marine Science**, v. 76, p. 725-742. 2005.

FERREIRA, C. E. L. et al. Trophic structure patterns of Brazilian reef fishes: a latitudinal comparison. **Journal of Biogeography**, v. 31, p. 1093-1106. 2004.

FERREIRA, C. E. L.; GONÇALVES, J. E. A.; COUTINHO, R. Community structure of fishes and habitat complexity on a tropical rocky shore. **Environmental Biology of Fishes**, v. 61, p. 353-369. 2001.

FERREIRA, C. M. et al. Community structure of shallow rock shore fish in a tropical bay of southwestern Atlantic. **Brazilian Journal of Oceanography**, v. 63, n. 4, p. 379-396, 2015.

FLOETER, S. R. et al. Atlantic reef fish biogeography and evolution. **Journal of Biogeography**, v. 35, p. 22-47. 2008.

FLOETER, S. R. et al. Reef fish community structure on coastal islands of the southeastern Brazil: the influence of exposure and benthic cover. **Environmental Biology of Fishes**, v. 78, p. 147-160. 2007.

FLOETER, S. R.; GASPARINI, J. L. The Brazilian endemic reef fishes. **Coral Reefs**, v. 19, p. 281-292. 2001.

FLOETER, S. R.; GASPARINI, J. L. The southwestern Atlantic reef-fish fauna: composition and zoogeographic patterns. **Journal of Fish Biology**, v. 56, p. 1099-1114. 2000.

GHERARDI, D. F. M.; BOSENCE, D. W. J. Composition and community structure the coralline alga reefs from Atol das Rocas, South Atlantic, Brazil. **Coral Reefs**, v.19, p. 205-219. 2001.

GHERARDI, D. F. M.; BOSENCE, D. W. J. Late holocene reef growth and relative sea level changes in Atol das Rocas, equatorial South Atlantic. **Coral Reefs**, v. 24, p. 264-272, 2005.

GODSELL, P. J.; CONNEL, S. D. Historical configuration of habitat influences the effects of disturbance on mobile invertebrates. **Marine Ecology Progress Series**, Local, v. 229, p. 79-87. 2005.

GOMES, U. L.; ROSA, R. S.; GADIG, O. B. F. *Dasyatis marianae* sp. n.: a new specie of stingray (Chondrichthyes: Dasyatidae) from southwestern Atlantic. **Copeia**, v. 2, p. 510-515. 2000.

GRATWICKE, B.; SPEIGHT, M. R. The relationship between fish species richness, abundance and habitat complexity in a range of shallow tropical marine habitats. **Journal of Fish Biology**, v. 66, p. 650-667. 2005.

GUIMARÃES, R. Z. P. Three new records of marine gobiid fishes (Teleostei: Gobiidae) from Southeastern Brazil. **Revista. Fr. Aquariol**, v. 23, n. 2, p. 64-68. 1996.

HIXON, M. A.; MENGE, B. A. Species diversity: prey refuges modify the interactive effects of predation and competition. **Theoretical Population Biology**, v. 39, p. 178-200. 1991.

HODGSON, G.; STEPATH, C. M. **Using reef check from long-term coral reef monitoring in Hawaii**. Disponível em: <<http://www.isigakizima.com/coral/Hawaii1.pdf>>. Acesso em: 30 set. 2014.

HÖFLICH, O. Climate of the South Atlantic Ocean. In: Van Loon, H. (Ed.). **Climates of the oceans**. Ed. Elsevier, Amsterdam, p. 1-192. 1984.

JARDEWESKI, C. F. L.; ALMEIDA, T. C. M. 2005. Sucessão de espécies de peixes em recifes artificiais numa ilha costeira do litoral sul brasileiro. **Brazilian Journal of Aquatic Science**, v. 9, n. 2, p. 57-63, 2005.

JOP'S II - Joint Oceanographic Projects II (Cruise report and first results). **Sedimentation processes and productivity in the continental shelf waters off East and Northeast Brazil**, Werner Ekau e Bastiaan Knoppers (Eds), Bremen: Center for Tropical Marine Ecology. 151 p. 1996.

JOEUX, J. C.; FLOETER, S. R.; FERREIRA, C. E. L. Biogeography of tropical reef fish: the

South Atlantic puzzle. **Journal of Biogeography**, v. 28, p. 831-841, 2001.

KIKUCHI, R. K. P.; LEÃO, Z. M. A. N.; SAMPAIO, C. L. S, TELLES MD. **Rapid assessment of the Abrolhos Reefs, Eastern Brazil (Part 2: fish communities)**. p. 188-203 in J.C. Lang (ed.), In: Status of Coral Reefs in the western Atlantic: Results of initial Surveys, Atlantic and Gulf Rapid Reef Assessment (AGRRA) Program. Atoll Research Bulletin. 496 p. 2003.

KIKUCHI, R. K. P. Atol das Rocas, atlântico sul equatorial ocidental, Brasil. In: SCHOBENHAUS, C. et al. (Ed.). **Sítios geológicos e paleontológicos do Brasil**. 1999. Disponível em: <<http://www.unb.br/ig/sigep/sitio033/sitio033.htm>>. Acesso em: 10 agosto. 2014.

KIKUCHI, R. K. P.; LEÃO, Z. M. A. N. Rocas (Southwestern Equatorial Atlantic, Brazil): an atoll built primarily by coralline algae. in: **INT. CORAL REEF SYM**, 8th, Panamá. v.1, p. 731-736. 1997.

KIKUCHI, R. K. P. **Geomorfologia, estratigrafia e sedimentologia do Atol das Rocas (REBIO-IBAMA/RN)**. 1994. 144 f. Dissertação (Mestrado em Geologia) - Instituto de Geociências, Universidade Federal da Bahia, Bahia.

KRAJEVSKI, J. P. **Influência da composição de substrato do recife na atividade e distribuição de peixes zoobentívoros no arquipélago de Fernando de Noronha, Pernambuco**. 2010. 156 f. Tese (Doutorado em Ecologia) - Universidade Estadual de Campinas, São Paulo.

LONGO, G. O.; MORAIS, R. A.; MARTINS, C. D. L.; MENDES, T. C.; AUED, A. W.; CÂNDIDO, V.; DE OLIVEIRA, J. C.; NUNES, L. T.; FONTANA, L.; SISSINI, M. N.; TESCHIMA, M.; SILVA, M.B.; RAMLOV, F.; GOUVEA, L. P.; FERREIRA, C. E. L.; SEGAL, B.; HORTA, A.; FLOETER, S. R. Reef fish and feeding pressure on the Benthos at the only Atoll in South Atlantic: Rocas Atoll, NE Brazil. **Plos One**, Florianópolis, v.10, n. 6, 29p. 2015.

LUCKHURST, B. E.; LUCKHURST K. Analysis of influence of substrate variables on coral reef fish communities. **Marine Biology**, v. 49, p. 317-324. 1978.

MACIEIRA, R. M.; JOYEUX, J. C. Distribution patterns of tidepool fishes on a tropical flat reef. **Fishery Bulletin**, Local, v. 109, n. 3. 2011.

MAIDA, M.; FERREIRA, B. P. Coral reefs of Brazil: an overview. Proc. 8th International Coral Reef Sym, v.1, p. 263–274. 1997.

MARSHALL, S.; ELLIOTT, M. Environmental influences on the fish assemblage of the Humber estuary. **Estuarine Coastal and Shelf Science**, v. 46, p. 175-184. 1998.

MEDEIROS, P. M.; ROSA, R. S.; FRANCINI FILHO, R. Dynamics of fish assemblages on a continuous rocky reef and adjacent unconsolidated habitats at Fernando de Noronha Archipelago, tropical western Atlantic. **Neotropical Ichthyology**, v. 9, p. 869-879. 2011.

MMA (Ministério do Meio Ambiente). 2012. Panorama da Conservação dos Ecossistemas Costeiros e Marinho no Brasil.

Disponível em:

<file:///Users/amandamariafariascabral/Downloads/livro_panorama_2%20marco%202012final.pdf>. Acesso em: 20 mar. 2016.

MOURA, R. L.; LINDERMAN, K. C. A new species of snapper (Perciformes: Lutjanidae) from Brazil, with comments on the distribution of *Lutjanus griseus* and *L. apodus*. **Zootaxa**, v. 1422, p. 31-43, 2007.

MOURA, R. L.; CASTRO, R. M. C. Revision of Atlantic sharpnose pufferfishes (Tetraodontiformes: Tetraodontidae: Canthigaster) with description of three new species. **Proceedings of the Biological Society of Washington**, v. 115, p. 32-50. 2002.

MOURA, R. L.; FIGUEIREDO, J. L.; SAZIMA, I. 2001. A new parrotfish (Scaridae) from Brazil, and revalidation of *Sparisoma amplum* (Ranzani, 1842), *Sparisoma frondosum* (Agassiz, 1831), *Sparisoma axillare* (Steindachner, 1878) and *Scarus trispinosus* Valenciennes, 1840. **Bulletin of Marine Science**, v. 68, n. 3, p. 505-524. 2001.

MOURA, R. L. A New species of *Chromis* (Perciformes: Pomacentridae) from southeastern Brazil, with notes on other species of the genus. **Rev. Fr. Aquariol.** v. 21, n. 4, p. 91-96. 1995.

OLIVEIRA, T. C. **Influência da temperatura na distribuição latitudinal de peixes recifais na costa brasileira**. 2011. 61f. Dissertação (Mestrado em Biologia Marinha) - Universidade Federal Fluminense, Niterói.

PEREIRA, N. S. et al. Mapeamento geomorfológico do Atol das Rocas, atlântico sul. **Revista de Gestão Costeira Integrada**, v. 1, n. 3, p. 331-345. 2010.

PINHEIRO, H. T.; MAZZEI, E.; MOURA, R. L.; AMADO-FILHO, G.M.; CARVALHO-FILHO A.; BRAGA, A.C.; et al. Fish Biodiversity of the Vitória-Trindade Seamount Chain, Southwestern Atlantic: An Updated Database. **Plos One**, v.10, n.3, 2015. Disponível em: <<http://journals.plos.org/plosone/article?id=10.1371/journal.pone.0118180>> Acesso em: 4 set. 2015.

PINHEIRO, I. E. G. **Caracterização ecológica dos peixes recifais do Atol das Rocas**. 2006. 84 f. Dissertação (Mestrado de Oceanografia e Limnologia) - Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Rio Grande do Norte.

PRATES, A. P. **Atlas dos recifes de coral nas unidades de conservação brasileiras**. MMA/SBF, 180 p. 2003.

PRISTA, N. et al. The demersal fish assemblage of the coastal area adjacent to the Tagus estuary (Portugal) relationship with environmental conditions. **Oceanological Acta**, v. 26, p. 525-536. 2003.

RANDALL, J. E. Food habits of reef fishes of the West Indies. **Studies in Tropical Oceanography**, v. 5, p. 665-847. 1967.

ROCHA, L. A.; CRAIG, M. T.; BOWEN, B. W. Phylogeography and the conservation of coral reef fishes. **Coral Reefs**, v. 26, p. 501-512. 2007.

ROCHA, L. A. Patterns of distribution and processes of speciation in Brazilian reef fishes. **Journal of Biogeography**, v. 3, n. 8, p. 1161-1171. 2003.

ROCHA, L. A.; GUIMARÃES, R. Z. P.; GASPERINI, J. L. Redescription of the Brazilian Wrasse *Thalassoma noronhanum* (Boulenger, 1890) (Teleostei: Labridae). **Journal Ichthyology Aquatic Biology**, v. 4, n. 3, p. 105-108. 2001.

ROCHA, L. A.; ROSA, I. L. New species of *Haemulon* (Teleostei: Haemulidae) from the NE Brazilian coast. **Copeia**, v. 2, p. 447-452. 1999.

ROCHA, L. A.; ROSA, I. L.; ROSA, R. S. Peixes recifais da costa da Paraíba, Brasil. **Revista Brasileira de Zoologia**, v. 15, p. 553- 566. 1998.

ROCHA, L. A.; ROSA, R. S. *Halichoeres brasiliensis* (Bloch, 1791), a valid wrasse species (Teleostei: Labridae) from Brazil, with notes on the Caribbean species *Halichoeres radiatus* (Linnaeus, 1758). **Journal Ichthyology Aquatic Biology**, v. 4, n. 4, p. 161-166. 2001.

ROSA, R. S.; MOURA, R. L. Visual assessment of reef fish community structure in the Atol das Rocas Biological Reserve, off northeastern Brasil. In: INTERNATIONAL CORAL REEF SYMPOSIUM, 8., 1997, Panamá. Panamá: Smithsonian Tropical Research Institute, p. 983-986. 1997.

SALE, P. F. Reef fish communities: open non-equilibril systems. In: SALE, P. F. (Ed.). **Coral reef fishes: dynamics and diversity in a complex ecosystem**. San Diego: Academic Press, San Diego, Cap1, p. 564-598. 1991.

SAZIMA, I.; GASPARINI, J. L.; MOURA R. L. *Gramma brasiliensis*, a new basslet from the western South Atlantic (Perciformes: Grammatidae). **Journal Ichthyology Aquatic Biology**, v. 3, n. 1, p. 39-43, 1998.

SAZIMA, I.; MOURA, R. L.; ROSA, R. S. *Elacatinus figaro* sp. n. (Perciformes: Gobiidae), a new cleaner goby from the coast of Brazil. **Journal Ichthyology Aquatic Biology**, v. 2, n. 3, p. 33-38, 1996.

SILVEIRA, M. **Relações entre complexidade de habitat e comunidade de peixes de costão rochoso**. 2010. 90f. Dissertação (Mestrado em Ecologia) – Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis.

SISTEMA NACIONAL DE UNIDADES DE CONSERVAÇÃO - SNUC, LEI No 9.985. Julho de 2000. Capítulo III, artigo 10.

SPALDING, M. D.; RAVILIONS, C.; GREEN, E. P. **Word atlas of coral reefs**. California, University of California Press, 2001. 424 p.

SOARES, M. de O.; LEMOS, V. B.; KIKUCHI, R. K. Atol das Rocas, atlântico sul

equatorial: considerações sobre a classificação do recife biogênico. **Revista Brasileira de Geociências**, v. 39, n. 2, p. 238-243, 2009.

STAL, J.; PIHL, L.; WENNHAGE, H. Food utilization by coastal fish assemblages in rocky and soft bottoms on the Swedish west coast: Inference for identification of essential fish habitats. **Estuarine Coastal and Shelf Science**, v. 71, p. 593-607, 2007.

VÉRAS, D. P.; TOLLOTI, M. T. **Guia de identificação de peixes do Atol das Rocas**, 2010. v. 1. 163p.

VILLAÇA, R. Recifes biológicos. In: PEREIRA, R. C.; SOARES GOMES, A. (Ed.). **Biologia Marinha**. Rio de Janeiro: Interciência, p. 229-248. 2002.

VELLEND, M. Conceptual Synthesis in community ecology. **The quarterly review of biology**, v. 85, n. 2, p. 183-205, 2010.

WILLIAMS, M. C. B. Patterns and processes in the distribution of coral reef. In: SALE, P. F. (Ed.). **The ecology of fishes on coral reefs**. San Diego: Academic Press Inc, 1991. 447 p.

WHITFIELD, A. K. Ichthyofaunal assemblages in estuaries: a south african case study. **Reviews in Fish Biology and Fisheries**, v. 9, p. 151-186, 1999.

Artigo

Comunidade de peixes nas piscinas de maré do Atol das Rocas, Brasil: a influência da conexão com o mar

Artigo científico a ser submetido à revista Environmental biology of fishes

Comunidade de peixes nas piscinas de maré do Atol das Rocas, Brasil: a influência da conexão com o mar

I. S. C. CARNEIRO*

Abstract

For your structural complexity and variety of niches, the reef environments are among the most diverse on the planet. This study aimed to understand what environmental characteristics that influence the structure of fish from four tide pools of Rocas Atoll, the only atoll in the South Atlantic Ocean, where on your plateau occur tidal pools. 90 hours of diving were performed in two pools with connection and two disjoint through five transects in dry and rainy seasons of 2015 were recorded temperature, salinity, pH and dissolved oxygen from the water. The composition of the substrate of the pools was analyzed by the software Coral Point Count with Excel Extensions. The highest values of relative abundance were observed in *Thalassoma noranhanum*, *Acanthurus chirurgus*, *Abudefduf saxatilis* and *Stegastes rocacensis* totaling 74,64% of the total observed. The richness, diversity and equitability varied between climatic periods and type of connection, $p < 0.05$. The trophic category most observed both between the pools and between climatic periods was planktivorous. The correlation between the diversity and depth presented significant differences, $p < 0.05$. It was observed the occurrence of seven kinds of substrate: coral, zoanthid, turf algae, seaweed, coalline algae, gravel and sand. The Spearman correlation shows a relationship between the substrate between the open pools $r_s = 0.857$ $p < 0.05$ seaweed both presented as most of the substrate. In Rocas Atoll the connection type and depth of the pool, time of year and the type of substrate influence the composition and distribution of fish populations between the pools.

Keywords: Ecological characterization · Reef fishes · Biological Reserve · Trophic category

I. S. C. Carneiro. (*)

Departamento de Biologia, Universidade Federal Rural de Pernambuco, Rua Dom Manoel de Medeiros, s/n, Dois Irmãos, CEP: 52171-900, Recife/PE.

Email: isis.cabral1@gmail.com

Present address: Laboratório de Ecologia de Peixes, Universidade Federal Rural de Pernambuco, Rua Dom Manoel de Medeiros, s/n, Dois Irmãos, CEP: 52171-900, Recife/PE.

Introdução

A diversidade de espécies está relacionada à heterogeneidade de habitats, os ambientes recifais estão entre os ambientes mais diversos do planeta por apresentar uma variedade de nichos (Rocha et al. 2007). Estes representam, no ambiente marinho, os locais onde os processos de especiação se deram – e se dão – com maior intensidade sendo desta forma chamados de hotspots (Briggs 2003; Joyeux et al. 2001).

O Oceano Atlântico Sul abriga sistemas de recifes originais com diferentes características e dinâmicas quando comparado com o Indo-Pacífico e Caribe. Isso é resultado de diversos fatores históricos e geográficos, como isolamento, barreiras biogeográficas, tipo de recife, feições geomorfológicas (Leão et al. 2003; Gherardi e Bosence 2001). Os ambientes recifais brasileiros abrangem sistemas de recifes costeiros e oceânicos, como o arquipélago de Fernando de Noronha, São Pedro e São Paulo, Trindade/Martim Vaz (ilhas rochosas) e o Atol das Rocas. Este é o único atol do oceano Atlântico Sul representando um ecossistema singular para o desenvolvimento de pesquisas sobre ecologia de populações e comunidades, principalmente por ser uma Reserva Biológica Marinha, na qual a exploração de seus recursos naturais é proibida (Oliveira 2010).

Em sistemas dinâmicos, como atóis, o regime das marés é particularmente importante na determinação da força da corrente marinha, disponibilidade de nutrientes e matéria particulada, portanto, influencia diretamente as comunidades bentônicas (Kraines et al. 2001; Mcclanahan e Karnauskas 2001). O platô do recife é uma área complexa com gradientes de fatores ambientais, como temperatura, turbidez e oxigênio dissolvido. Estes gradientes, juntamente com diferenças em profundidade e tipo de substrato, proporcionam um grande número de habitats (Nibakken e Bertness 2004).

Os diferentes habitats esclarecem uma parte desta diversidade, pois fatores como recrutamento, interações ecológicas (competição, predação, simbiose) podem influenciar o estabelecimento das espécies em determinada região (Williams 1991). As características do sedimento, a heterogeneidade de substrato e a presença ou ausência de vegetação influenciam a composição e estrutura das assembleias de peixes devido aos seus efeitos indiretos sobre a disponibilidade de presas e proteção contra predadores (Prista et al. 2003).

Dentro deste contexto, levantamentos ictiofaunísticos permitem compreender a diversidade dos diversos ambientes, auxiliando no entendimento tanto com relação a distribuição das espécies quanto dos fatores ambientais que regem esta distribuição. Desta forma, o presente trabalho objetivou compreender a composição e distribuição espaço temporal da ictiofauna, nas piscinas com e sem conexão com o mar aberto, localizadas no platô recifal do Atol das Rocas, identificando as características ambientais com maior influência na estruturação da ictiofauna.

Material e métodos

Área de estudo

O Atol das Rocas ($03^{\circ}51'S-33^{\circ}49'W$) é o único atol do Oceano Atlântico Sul e está localizado no topo de uma cadeia de montanhas submarinas, cuja base encontra-se a 4000 m de profundidade no leito oceânico, distante 266 km da costa brasileira (Kikuchi e Leão 1997; Gherardi e Bosence 2005) (Fig. 1). O atol é um recife elíptico com uma área de cerca de $7,5 \text{ km}^2$. Seu eixo maior (E-W) tem 3,7 km de comprimento e o eixo menor (N-S) tem 2,5 km de comprimento (Kikuchi 1999), onde estão presentes a frente recifal, o platô recifal e a laguna. No platô ocorrem piscinas de maré, canais e ilhas arenosas. As piscinas estão distribuídas na área interna do atol e apresentam profundidades médias de 3m nas marés baixas e até 400m de comprimento (ICMBIO 2007)(Fig. 2).

O clima é equatorial com direção e velocidade dos ventos alísios que variam sazonalmente. O período chuvoso concentra-se nos meses de junho a agosto (Hoich 1984; Soares et al. 2009). O regime de marés em Rocas é semi-diurno e mesotidal, com uma altura máxima de 3,8 m (Gherardie e Bosence 2001). Rocas, segundo Gherardi e Bosence (2001), difere dos outros atóis situados no Caribe e Indo-Pacífico porque é composto exclusivamente por algas coralíneas incrustantes.

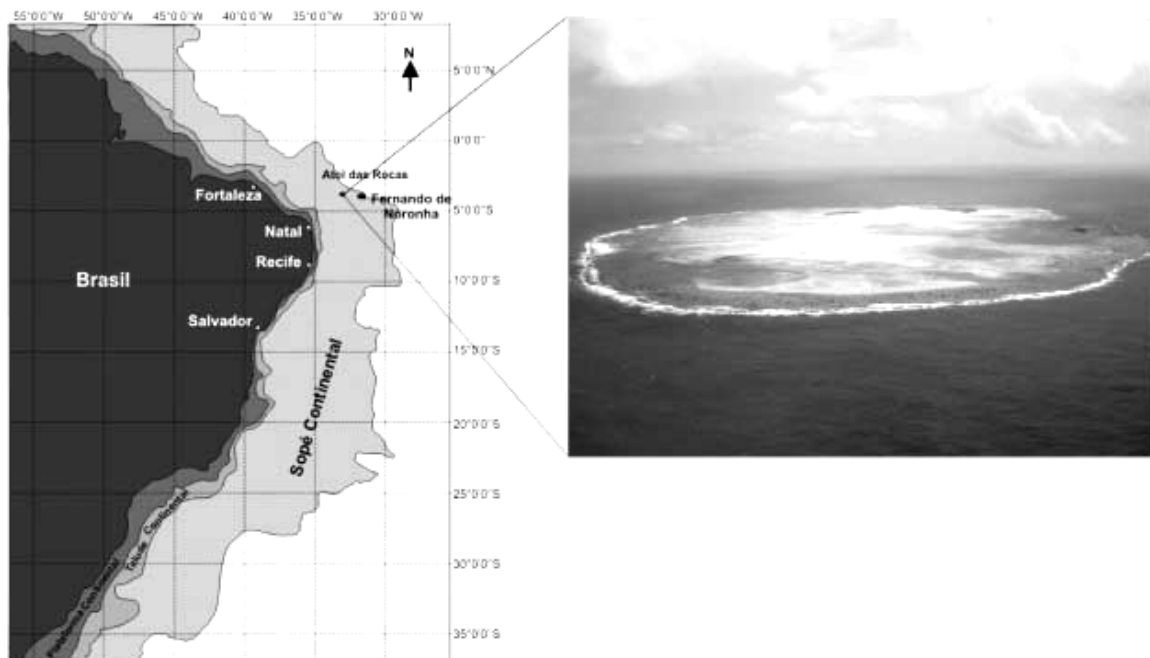


Fig. 1 Localização do Atol das Rocas. Fonte: Natan Silva Pereira (Pereira et al., 2010).

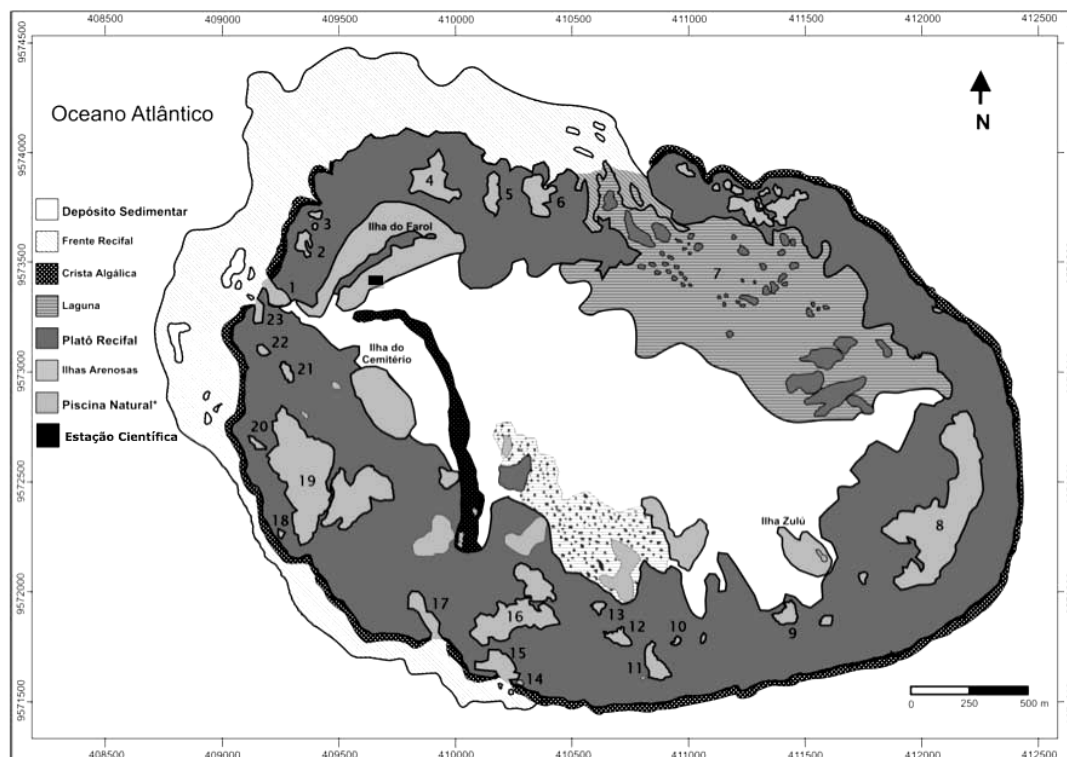


Fig. 2 Localização das piscinas de maré onde foram realizados os mergulhos: 11) Âncoras; 17) Podes Crê; 21) Donzelinha; 23) Barreta Falsa. Fonte: Natan Silva Pereira.

Coleta de dados

Foram realizadas 90 horas de mergulho em 70 dias de expedição, sendo realizadas no período seco, nos meses de janeiro e fevereiro de 2015, e no período chuvoso, nos meses de julho e agosto de 2015 para avaliar a sazonalidade do ambiente. Todos os mergulhos foram realizados no período diurno/vespertino durante a baixa-mar nas marés de sizígia e quadratura.

Os mergulhos foram realizados em duas piscinas com conexão permanente com o mar (aberta) e duas sem conexão permanente (fechada). Para a realização das amostragens foi estabelecida a visibilidade mínima de 2,5 metros.

Os censos foram realizados em períodos de maré baixa, ao longo de cinco transectos de 5 metros de largura e 20 metros de comprimento, orientados linearmente (transecto de faixa), dispostos da borda da piscina para o centro. A distância entre os transectos foi de 10 metros. Para a amostragem da ictiofauna presente nos recifes, foi aplicada a técnica de censo visual subaquático através de mergulho livre, em período diurno e vespertino, com o apoio de um segundo mergulhador (adaptado de Hodgson e Stepath 1998). Devido a dificuldade de amostragens noturnas, todos os censos foram realizados entre 8 e 16 horas, período em que a maior parte dos peixes permanece ativa no Atol. Os peixes foram identificados segundo a literatura especializada, tais como Carpenter 2002; Amarante 2009 e Froese e Pauly 2013.

Os peixes foram agrupados em categorias tróficas com base na dieta dos adultos de cada espécie (Ferreira et al. 2004; Floeter et al. 2007; Hackradt e Félix-Hackradt 2009). As categorias tróficas foram: CAR =

carnívoros generalistas, CIM = espécies que se alimentam de invertebrados móveis; CIS = espécies que se alimentam de invertebrados sésseis; OMN = onívoros; PIS = piscívoros; PLC = plactívoros; HER = herbívoros vagueadores; HT = herbívoros territoriais, como proposto por Hackradt e Félix-Hackradt (2009).

Para as análises de substrato das piscinas foram lançados cinco transectos lineares de 20 metros de comprimento, dispostos paralelos um ao outro, da borda da piscina ao centro. Foram tiradas fotos através de uma moldura subaquática onde para cada um metro do transecto foi tirada uma foto totalizando assim 100 fotos por piscinas. As imagens geradas foram analisadas através do programa Coral Point Count with Excel Extensions (CPCe), este software foi projetado para calcular estatisticamente de forma rápida e eficiente a cobertura de coral sobre uma área específica. Molduras fotográficas subaquáticas são cobertas por uma matriz de pontos distribuídos aleatoriamente, e os tipos de substrato abaixo de cada ponto são visualmente identificados (Kohler e Gill 2006). A moldura utilizada no presente trabalho apresentava um tamanho de 25x25 cm e uma haste encurvada para acoplar a câmera de 50 cm. Na imagem gerada foram lançados 30 pontos aleatórios no software e analisado o tipo de substrato de cada ponto.

Os dados do código de espécies para cada quadro é armazenado em um arquivo cpc que contém o nome do arquivo de imagem, ponto coordenadas e os códigos de dados identificados (Kohler e Gill 2006). O substrato foi classificado como: alga coralínea, coral, zoantídeo, alga turf, macroalga, cascalho e areia e suas proporções posteriormente determinadas (Rogers et al. 1994).

Simultaneamente às coletas biológicas, foram registrados dados de temperatura ($^{\circ}\text{C}$), salinidade, pH e oxigênio dissolvido da água (ml L^{-1}) através do multiparâmetro Hanna Instruments modelo HI9828.

Análise dos dados

Para cada amostra (transecto), foram calculados riqueza (S - número total de espécies presentes), abundância (total de indivíduos observados), diversidade ($1 - \lambda$ - índice de Simpson), equitabilidade (J - índice de Pielou) para cada piscina e período do ano. Foi utilizada Análise de Variância de duas vias (Two-way ANOVA) para comparar os descritores individualmente entre os níveis de conexão (piscinas conectadas e não conectadas com o mar), em ambos os períodos climáticos (seco e chuvoso).

Utilizou-se análise de ordenação tipo MDS para identificar a influência da conexão com o mar e da sazonalidade sobre a taxocenose de peixes. Para essa análise, os dados de abundância foram transformados pela raiz quarta, sendo em seguida calculada a similaridade entre pares de amostras utilizando o índice de Bray-Curtis. A estrutura das taxocenoses de peixes foi comparada entre conexão e períodos climáticos utilizando PERMANOVA de duas vias (Two-way Permanova).

Os dados abióticos (temperatura, pH, oxigênio dissolvido e salinidade) e composição do substrato foram correlacionados com os dados de riqueza, abundância, diversidade e equitabilidade através da Correlação de Spearman.

As análises foram realizadas utilizando os programas Statistica 7.0 (STATSOFT 2004) e PRIMER 6 +PERMANOVA. Em todas as análises foi considerado o nível de significância de 5%, segundo as recomendações de Zar (2010).

Resultados

Para caracterização da ictiofauna foram analisados -oito mergulhos nas piscinas com conexão: Donzelinha e Âncoras, e 8 mergulhos nas piscinas sem conexão: Barreta Falsa e Podes Crer, padronizando desta forma o esforço amostral. Para caracterização do substrato de cada piscina foram realizados um total de oito mergulhos entre as piscinas. O restante dos mergulhos foi utilizado para compor a listagem taxonômica das espécies. Foram observados 12.065 indivíduos, distribuídos em 20 famílias e 33 espécies (Tabela 1).

Tabela 1 Lista de espécies observadas e organizadas por ordem filogenética de acordo com Nelson (2006). Piscinas de maré fechadas: Âncoras (AN) e Donzelinha (DZ), e piscinas de maré abertas: Barreta Falsa (BF) e Podes Crer (PC), na Reserva Biológica do Atol das Rocas. Categorias tróficas (CT): CAR = carnívoros generalistas; CIM = comedores de invertebrados móveis; CIS = comedores de invertebrados sésseis; OMN = onívoros; PIS = piscívoros; PLC = planctívoros; HER = herbívoros vageadores; HT = herbívoros territoriais. N= número total de indivíduos observados durante o período avaliado.

Família	Espécie	Nome comum	Categoria trófica	Piscina	N Total
Ginglymostomatidae	<i>Ginglymostoma cirratum</i> (Bonnaterre, 1788)	Tubarão lixa	CAR	BF, PC	1
Clupeidae	<i>Harengula clupeola/jaguana</i> (Cuvier, 1829)	Sardinha cascuda	PLC	DZ	200
Holocentridae	<i>Holocentrus adscensionis</i> (Osbeck, 1765)	Mariquita	CIM	Todas	426
	<i>Myripristis jacobus</i> (Cuvier, 1829)	Mariquita do olho	PLC	DZ	2
Epinephelidae	<i>Cephalopholis fulva</i> (Linnaeus, 1758)	Piraúna	CAR	Todas	95
	<i>Cephalopholis furcifer</i> (Valenciennes, 1828)	Pargo mirim	PLC	BF, AN	15
Malacanthidae	<i>Malacanthus plumieri</i> (Bloch, 1786)	Pirá	CAR	Todas	26
Carangidae	<i>Caranx latus</i> (Agassiz, 1831)	Garacimbora	PIS	AN	2
	<i>Caranx bartholomei</i> (Cuvier, 1833)	Guarajuba	PIS	AN, BF, PC	145
Lutjanidae	<i>Lutjanus jocu</i> (Bloch & Schneider, 1801)	Dentão	CAR	Todas	20
Haemulidae	<i>Haemulon chrysargyreum</i> (Günther, 1859)	Xira listrada	CIM	AN, DZ	867
	<i>Haemulon parra</i> (Desmarest, 1823)	Cambuba	CIM	AN, BF	74
Mullidae	<i>Mulloidichthys martinicus</i> (Cuvier, 1829)	Saramunete-amarelo	CIS	Todas	113
Chaetodontidae	<i>Chaetodon striatus</i> (Linnaeus, 1758)	Borboleta listrado	CIS	PC	3
	<i>Chaetodon ocellatus</i> (Bloch, 1787)	Borboleta ocelado	CIS	Todas	67
Pomacanthidae	<i>Pomacanthus paru</i> (Bloch, 1787)	Paru	OMN	BF	6

Pomacentridae	<i>Abudefduf saxatilis</i> (Linnaeus, 1758)	Sargentinho	OMN	Todas	2343
	<i>Chromis multilineata</i> (Guichenot, 1853)	Chromis	PLC	AN, PC	4
	<i>Stegastes pictus</i> (Castelnau, 1855)	Donzela bicolor	HT	AN	3
	<i>Stegastes rocacensis</i> (Emery, 1972)	Donzela de rocas	HT	Todas	1837
Labridae	<i>Halichoeres radiatus</i> (Linnaeus, 1758)	Bodião verde	CIM	Todas	141
	<i>Thalassoma noronhanum</i> (Boulenger, 1890)	Thalassoma	PLC	Todas	2841
Scaridae	<i>Sparisoma frondosum</i> (Agassiz, 1831)	Bodião batata/Bobó	HER	Todas	36
	<i>Sparisoma amplum</i> (Ranzani, 1842)	Bodião-papagaio	HER	Todas	117
	<i>Sparisoma axillare</i> (Steindachner, 1878)	Batata/Bobó	HER	Todas	215
Blennidae	<i>Ophioblennius trinitatis</i> (Miranda Ribeiro, 1919)	Maria da toca	HT	BF, DZ	30
Gobiidae	<i>Coryphopterus</i> aff. <i>glaucofraenum</i> (Gill, 1863)	Aimoré de vidro	OMN	Todas	85
	<i>Gnatholepis thompsoni</i> (Jordan, 1902)	Aimoré mancha dourada	OMN	Todas	6
Acanthuridae	<i>Acanthurus coeruleus</i> (Bloch, 1787)	Caraúna azul	HER	AN, BF	221
	<i>Acanthurus chirurgus</i> (Castelnau, 1855)	Caraúna marrom	HER	Todas	2343
Bothidae	<i>Bothus lunatus</i> (Linnaeus, 1758)	Linguado ocelado	CAR	DZ, BF	2
Balistidae	<i>Melichthys niger</i> (Bloch, 1786)	Cangulo preto/Pufa	OMN	PC	40
Monacanthidae	<i>Aluterus scriptus</i> (Osbeck, 1765)	Peroá rei	OMN	PC	4

As espécies que apresentaram os maiores valores de abundância relativa foram *Thalassoma noronhanum* (24,24%), *Acanthurus chirurgus* (20,25%), *Abudefduf saxatilis* (15,20%) e *Stegastes rocacensis* (14,89%), totalizando 74,64% de abundância relativa (Figura 3). Nove espécies apresentaram valores maiores que 3% do total observado, sendo elas, *Haemulon chrysargyreum*, *Holocentrus adscensionis*, *Sparisoma axillare*, *Acanthurus coeruleus*, *Harengula jaguana/chupeola*, *Mulloidichthys martinicus*, *Caranx bartholomei*, *Coryphopterus* aff. *glaucofraenum* e *Halichoeres radiatus*.

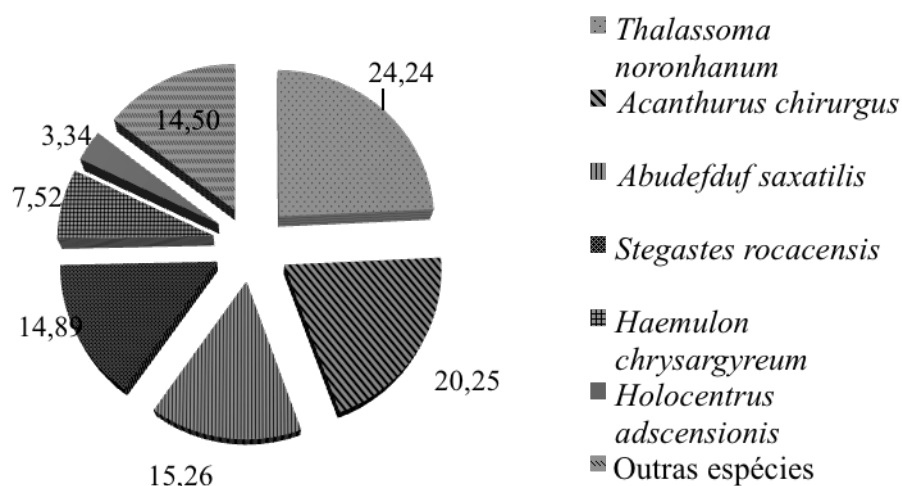


Fig. 3 Abundância relativa das espécies de peixes recifais observadas nas piscinas com e sem conexão com o mar.

As piscinas com conexão apresentaram os maiores valores de diversidade e abundância e apresentaram como espécie mais abundantes *T. noronhanum* (36,3%) , *S. rocasensis* (24,94%), *A. chirurgus* (17,45%) e *A. saxatilis* (8,62%), fazendo parte de 87,3% do total de observações dessas piscinas. As piscinas sem conexão apresentaram uma diferença na composição ictiofaunísticas, em comparação com as piscinas fechadas, sendo as espécies mais abundantes o *A. saxatilis* (22,43%), *A. chirurgus* (23,7%), *H. chrysargyreum* (15,63%) e *T. noronhanum* (11,23%), fazendo parte de 76,6% do total de observações dessas piscinas (Fig. 4).

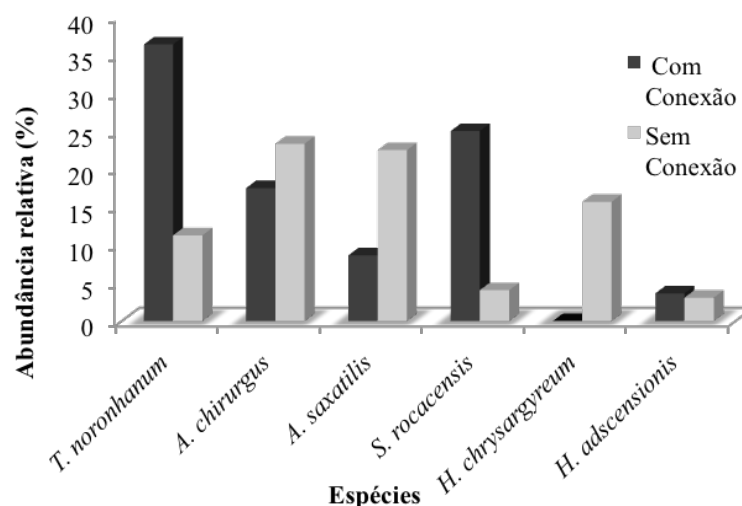


Fig. 4 Abundância relativa das espécies mais observadas nas piscinas com e sem conexão com o mar.

No período seco foi observado que a espécie *T. noronhanum* foi a que apresentou a maior abundância relativa (26,2%), seguido de *A. chirurgus* (21,4%), *A. saxatilis* (13,6%), *S. rocasensis* (12,8%) somando 74% do total de espécies visualizadas nesse período, no período chuvoso *T. noronhanum* também apresentou uma maior abundância relativa (22,5%), seguida por *A. chirurgus* (18,9%), *S. rocasensis* (17,9%) e *A. saxatilis* (15,3%), somando 74,7% do total de espécies observadas nesse período (Fig. 5).

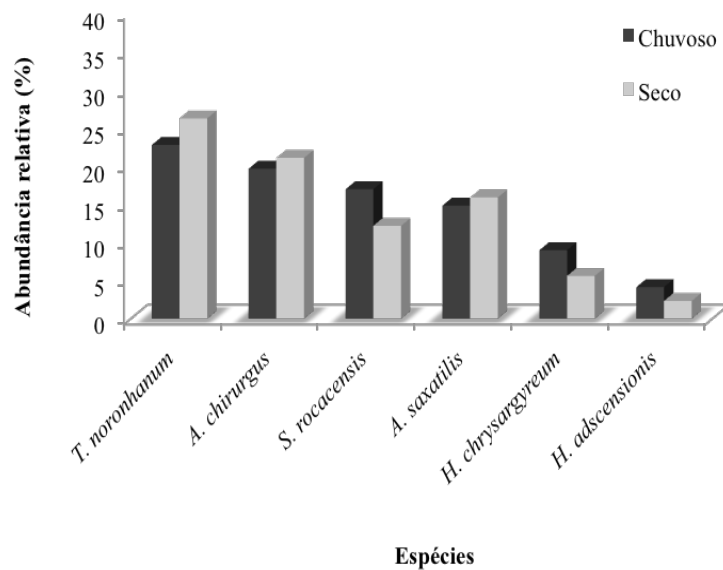


Fig. 5 Abundância relativa das espécies de peixes mais abundantes entre os períodos seco e chuvoso.

Os valores de riqueza, diversidade e equitabilidade variaram significativamente entre períodos sazonais e entre o tipo de conexão das piscinas. Por sua vez, a abundância apresentou diferenças significativas apenas entre o tipo de conexão.

Tabela 2 Riqueza, abundância, diversidade e equitabilidade entre as piscinas de maré com e sem conexão com o mar e os períodos climáticos.

	Descritores ecológicos							
	Riqueza		Abundância		Diversidade		Equitabilidade	
Fonte de variação	F	p	F	p	F	p	F	p
Conexão	1,75	0,02	4,14	0,05	4,72	0,03	0,15	< 0,01
Período	4,66	<0,001	0,17	0,68	0,06	<0,01	2,23	< 0,01
Conexão x período	1,9	0,15	0,06	0,82	1,24	<0,01	5,85	0,01

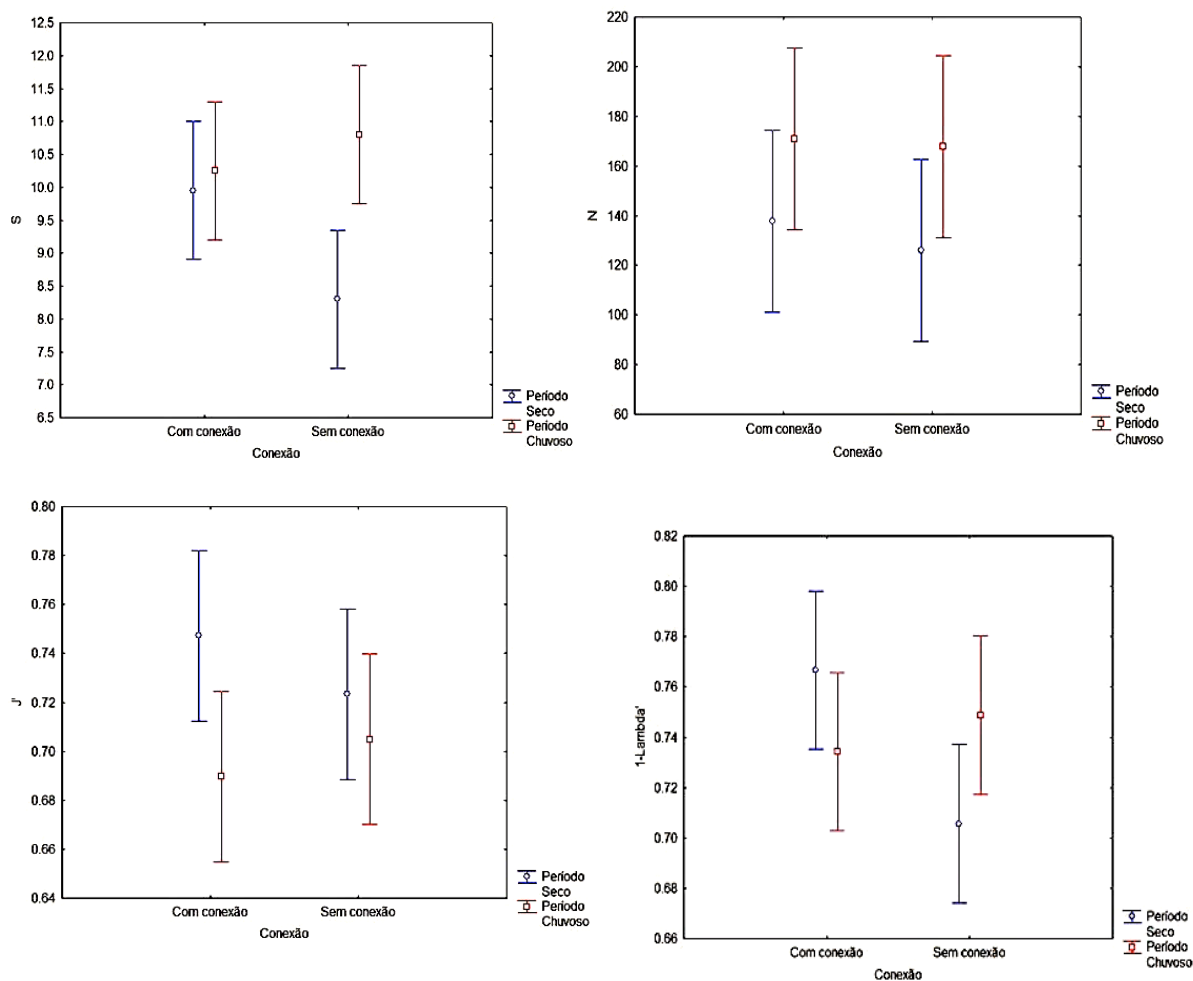


Fig. 6 Valores de riqueza, abundância, diversidade e equitabilidade da comunidade de peixes recifais em distintas piscinas com ou sem conexão com o mar.

Na análise da PERMANOVA não foi encontrada diferenças significativas entre os dados por táxon, grupo trófico e o tipo de conexão e período climático ($p > 0,05$) (Tabelas 3 e 4).

Tabela 3 Táxons entre as piscinas de maré com e sem conexão com o mar e nos períodos climáticos.

Dados por táxon						
Fonte de variação	df	SS	MS	Pseudo-F	p(perm)	Permutações únicas
Conexão	1	11579	11579	0.86743	1	6
Período	1	4259.8	4259.8	2.3944	0.171	888
Conexão x Período	1	1212.1	1212.1	0.6813	0.584	890

Tabela 4 Grupos tróficos entre as piscinas de maré com e sem conexão com o mar e nos períodos climáticos.

Dados por categoria trófica						
Fonte de variação	df	SS	MS	Pseudo-F	p(perm)	Permutações únicas
Conexão	1	5506.6	5506.6	1.1692	0.685	6
Período	1	1007.5	1007.5	3.6846	0.132	886
Conexão x Período	1	800.96	800.96	2.9293	0.131	887

Ao considerar a abundância das espécies e dos grupos tróficos foi possível identificar a formação de dois grandes grupos de amostras. O primeiro reuniu as amostras da piscina Âncoras (não conectada com o mar) nos períodos seco e chuvoso, e o segundo que foi formado pelas demais amostras. Foi observado que não houve diferenças significativas entre a abundância das espécies e o tipo de conexão ($p=1,0$), assim como também não houve diferenças significativas entre a abundância dos peixes e o período climático ($p=0,171$) (Fig. 7, Fig. 8).

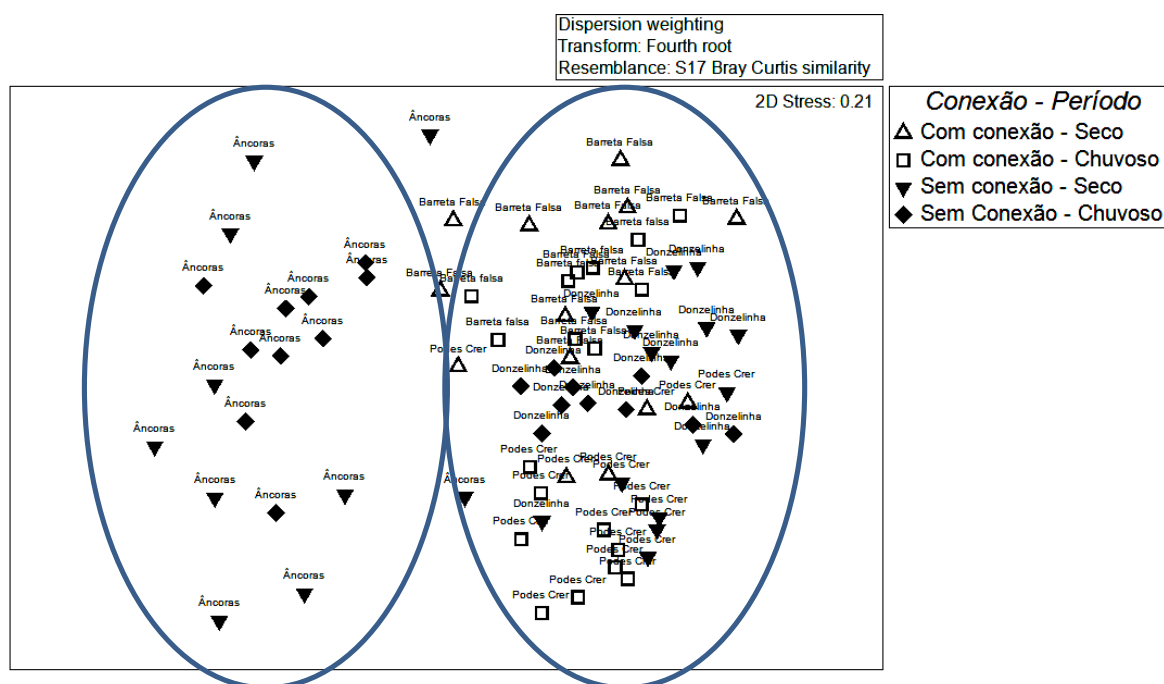


Fig. 7 MDS em relação à abundância das espécies que ocorrem entre as piscinas com conexão e sem conexão com o mar e entre os períodos seco e chuvoso.

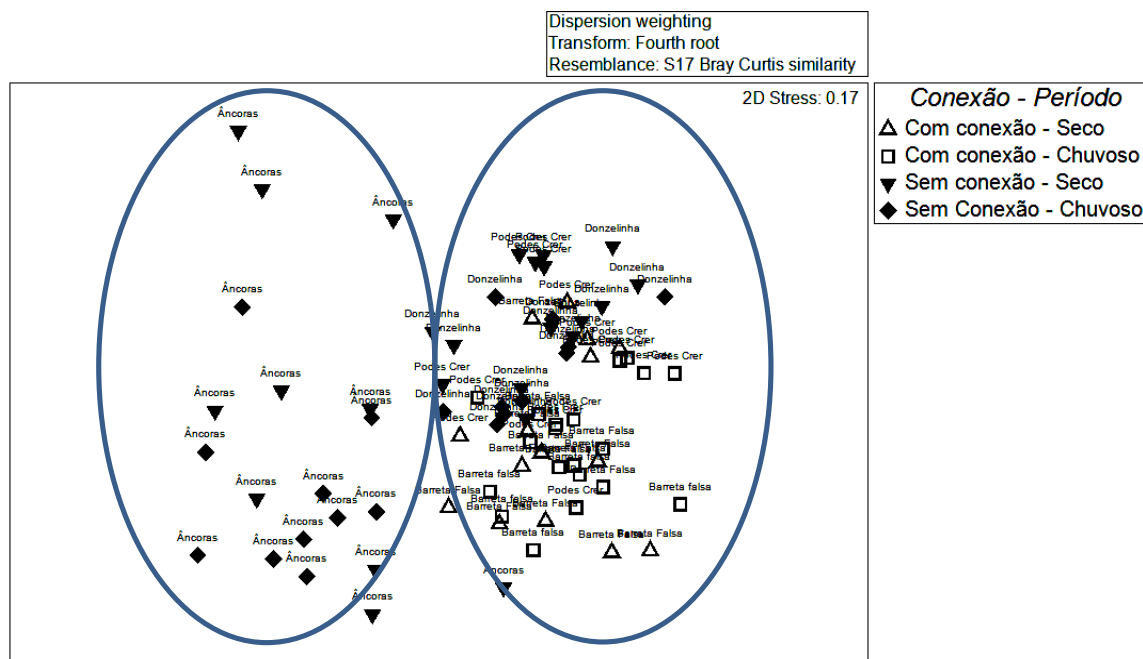


Fig.8 MDS em relação às guildas tróficas entre as espécies que ocorrem entre as piscinas com conexão e sem conexão com o mar e entre os períodos seco e chuvoso.

Em relação ao hábito alimentar das espécies nas diferentes piscinas, as espécies que predominaram nas diferentes piscinas com conexão foram planctívoras com 2274 indivíduos, herbívoras territoriais (1587), herbívoras vageadoras (1291), onívoras (637) e comedoras de invertebrados móveis (379), nas piscinas sem conexão as categorias tróficas que predominaram foram as herbívoras vageadoras (1744), as onívoras (1377), comedoras de invertebrados móveis(1293) e as planctívoras (880) (Fig. 9).

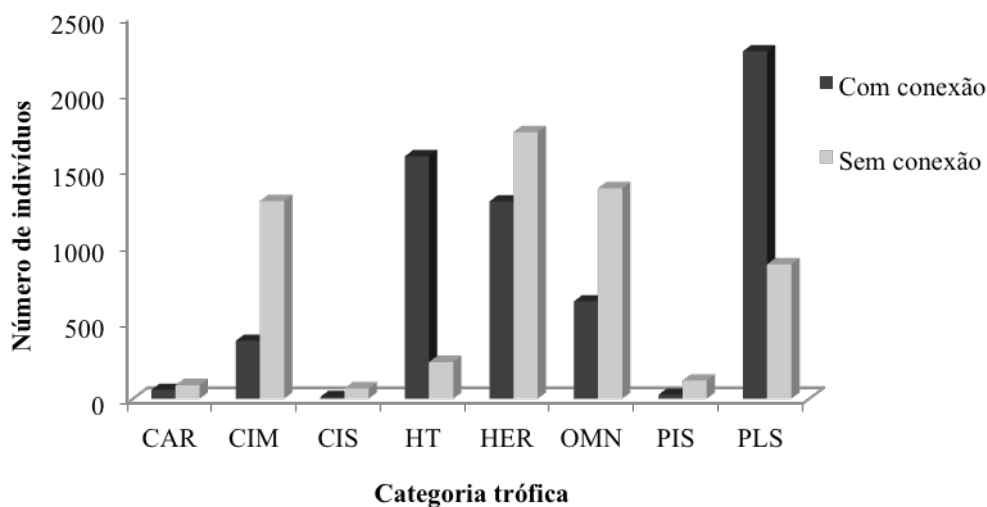


Fig. 9 Número de indivíduos e suas respectivas categorias alimentares: CAR: Carnívoras, CIM: Comedoras de Invertebrados Móveis, CIS: Comedoras de Invertebrados Sésseis, HT: Herbívoras territoriais, HER:Herbívoras Vageadoras, OMN: Onívoras, PIS: Piscívoras e PLS: Planctívoras, encontradas entre as piscinas com e sem conexão

com o mar.

No período seco, a categoria alimentar mais encontrada nas piscinas foi a planctívora, com 1566 espécimes, seguida por herbívora vagueadora (1338), onívora (861), herbívora territorial (638) comedora de invertebrados móveis (631). No período chuvoso, a categoria que predominou entre as piscinas foi planctívora (1588), herbívora vagueadora (1697), herbívora territorial (1188), onívora (1153) e comedora de invertebrados móveis (1040) (Fig. 10).

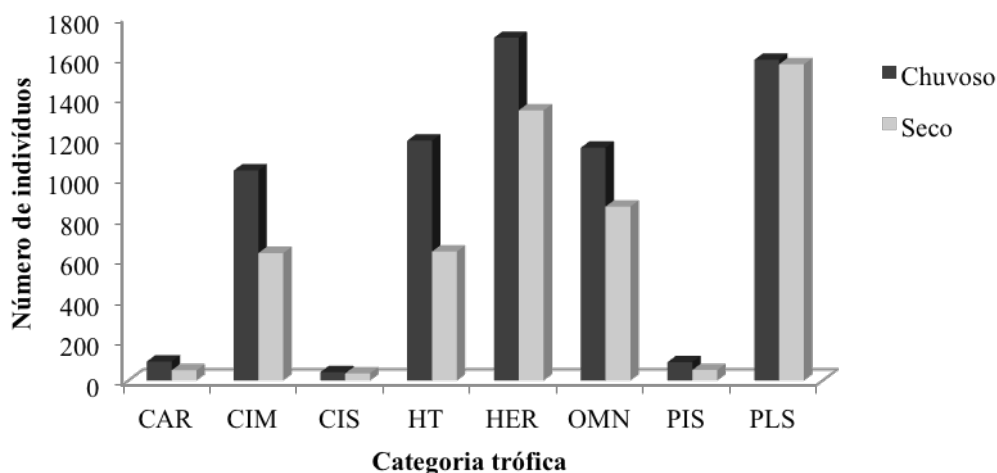


Fig. 10 Número de indivíduos e suas respectivas categorias alimentares: CAR: Carnívoras, CIM: Comedoras de Invertebrados Móveis, CIS: Comedoras de Invertebrados Sésseis, HT: herbívoras territoriais, HER: Herbívoras Vagueadoras, OMN: Onívoras, PIS: Piscívoras e PLS: Planctívoras encontradas entre os períodos seco e chuvoso.

As correlações entre os descritores da comunidade de peixes e os parâmetros ambientais (pH, salinidade e oxigênio dissolvido) foram, em geral, baixas e não significativas, com exceção das correlação entre a diversidade e a profundidade da piscina ($rS=0,32e p <0,05$).

Foi observada a ocorrência dos sete tipos de substrato, seguindo classificação de: coral, zoantídeo, alga turf, macroalga, alga coralínea, cascalho e areia. Nas piscinas com conexão (Barreta e Podes Crer), houve predomínio de macroalgas e alga turf, nas piscinas sem conexão (Âncoras e Donzelinha) a maior parte do substrato é composto por areia, alga turf e cascalho (Fig. 11).

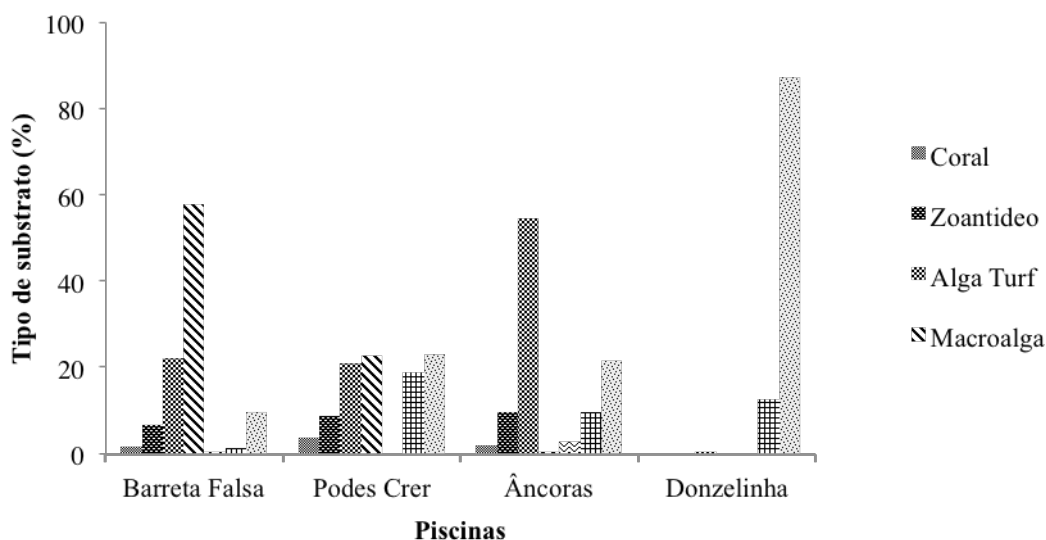


Fig. 11 Composição do substrato entre as piscinas: Barreta Falsa (com conexão), Podes Crer (com conexão), Âncoras (sem conexão) e Donzelinha (sem conexão).

A correlação de Spearman demonstrou uma relação entre o substrato entre as piscinas abertas Barreta Falsa e Podes Crer com $rS = 0,857$, $p < 0,05$, as quais foram as únicas que apresentaram macroalgas. Da mesma forma, considerando as espécies, estas duas piscinas apresentaram correlação com $rS = 0,551$, $p < 0,05$, destacando-se a espécie mais abundante nestas piscinas planctívora *T. noronhanum*.

Discussão

No Atol das Rocas foi observada diferenças significativas na composição da ictiofauna entre o tipo de conexão das piscinas e entre os períodos do ano (seco e chuvoso). Longo et al. (2015) também observaram mudanças na estrutura das assembleias de peixes entre as piscinas abertas e fechadas, cujas espécies que apresentaram maiores abundâncias foram *T. noronhanum*, *A. chirurgus*, *S. rocasensis* e *A. saxatilis*. Pinheiro (2006), observou que as espécies *T. noronhanum*, *S. rocasensis*, *C. glaucofraenum*, *A. chirurgus* e *A. saxatilis* foram as mais abundantes em todas as piscinas avaliadas (Cemiteriozinho e Âncoras, piscinas sem conexão com o mar e Barreta Falsa e Barretinha, piscinas com conexão). Essas cinco espécies somaram 72,86% da abundância total de indivíduos observados. Em ambos os estudos, a espécie mais abundante em todas as piscinas, tanto no período seco como chuvoso, foi *T. noronhanum*.

Nos dois períodos climáticos e entre a conexão das piscinas a riqueza, diversidade e equitabilidade variaram significativamente. De acordo com Moring (1986), as comunidades influenciadas por condições ambientais normalmente apresentam flutuações sazonais sobre a riqueza e dominância das espécies.

A piscina com conexão Barreta Falsa foi a piscina que apresentou o maior número de espécies, sendo as com maiores valores de abundância relativa a planctívora *T. noronhanum*, a herbívora territorial *S. rocasensis* e herbívora vageadora *A. chirurgus*. A preferência dessas categorias tróficas pela piscina pode ocorrer pelo fato de que a Barreta Falsa apresenta como principais substratos as macroalgas e algas turf como maior parte de seu substrato, já que esse tipo de substrato serve de alimento para essas espécies. Quanto à presença de *T.*

noronhanum, esse fato pode estar associado ao seu hábito de limpeza de outras espécies de peixes que ocorrem nessa piscina, sendo observada estações de limpeza.

Campos et al. (2007) observaram em uma piscina de maré de Rocas, que *T. noronhanum*, na fase inicial de coloração (adultos e juvenis), é a única espécie de peixe limpador da comunidade estudada, tendo sido registrada em simbiose de limpeza com nove espécies de peixes recifais. Essa espécie explora principalmente peixes herbívoros de médio porte, como os das famílias Acanthuridae (*Acanthurus* sp.), Scaridae (*Sparisoma* sp.), além de Haemulidae e Pomacentridae, e representa uma das espécies mais abundantes em todos os habitats do Atol das Rocas (Rosa e Moura 1997).

A piscina com conexão Podes Crer apresentou o maior número de indivíduos, onde houve o predomínio da espécie *T. noronhanum*. Essa piscina é composta principalmente por areia, macroalgas e alga turf e, por ser uma piscina aberta, há uma troca de água contínua com o mar aberto o que favorece a renovação da água. Por ser uma espécie planctívora, a renovação da água é importante para sua alimentação e também pelo fato da piscina ser composta por areia e macroalgas as espécies herbívoras ao se alimentarem provocam a suspensão de partículas na água. Sazima et al. (2005) registraram esta espécie associada a 15 espécies de peixes recifais, dentre estas *A. saxatilis*, *A. chirurgus*, *Melichthys niger*, *Aluterus scriptus* também ocorrem nessa piscina, aproveitando as partículas em suspensão causadas pela atividade alimentar dessas espécies.

Na piscina sem conexão Âncoras, as espécies que apresentaram abundâncias relativas distintas de todas as outras piscinas, onde a que apresentou os maiores valores foi *A. chirurgus*, *H. chrysargyreum* e *A. saxatilis*. Segundo Longo et al. (2015) no Atol das Rocas 51% do substrato das sem conexão é composto principalmente por algas turf, sendo em sua maior parte composta pela alga vermelha *D. simplex*, que é uma das preferências alimentares do *A. chirurgus* em relação a outras algas, e isso se deve ao seu caráter nutritivo, com isso foi observado que a piscina oferece disponibilidade de alimento para a espécie. Além disso maior parte da atividade de forrageamento, principalmente entre as espécies herbívoras vageadoras, ocorre em piscinas fechadas, pois essas piscinas servem de refúgio contra predadores como tubarões que são mais comuns nas piscinas abertas ou na parte externa do Atol (Longo 2015).

A espécie *H. chrysargyreum* na piscina Âncoras é encontrada em grandes cardumes que ficam, em sua maior parte, próximo à borda da piscina inativos, o que é um comportamento comum da espécie. Segundo Randall (1967), essa espécie forrageia principalmente durante a noite e forma grandes cardumes inativos em torno dos recifes durante o dia. Nesta mesma piscina.

A espécie *A. saxatilis* também é observada em grandes cardumes de juvenis e adultos, com comportamento de forrageamento e de limpeza em algumas espécies, como *A. chirurgus*. Durante a fase não reprodutiva, os sargentinhos formam pequenos grupos que forrageiam sobre o substrato ou na coluna d'água (Fishelson 1998), os jovens podem atuar como limpadores, retirando ectoparasitas da superfície corporal de outros peixes e tartarugas da espécie *Chelonia midas* (Sazima et al. 2004).

A piscina sem conexão Donzelinha foi a que apresentou o menor número de espécies, onde as mais abundantes foram *A. saxatilis*, *T. noronhanum* e *A. chirurgus*. As bordas dessa piscina apresentam inclinação negativa, formando cavernas próximas à interface com a areia, e os substratos que predominam a piscina são areia e cascalho. As espécies se distribuem mais próximas à borda, mas há ocorrência de pequenos cardumes de

A. chirurgus e *A. saxatilis* (10-30 indivíduos) que forrageiam por toda a piscina. A espécie *T. noronhanum* é encontrada nas bordas das piscinas, em sua maior parte composta por juvenis. As piscinas sem conexão (fechadas) podem funcionar como refúgios para os peixes durante a maré baixa (por exemplo, herbívoros errantes), onde estariam mais propensas a alimentar por causa da proteção contra a ação intensa das ondas e correntes marinhas (Longo et al. 2015).

As categorias com maior número de indivíduos entre as piscinas foram as planctívoras, seguidas pelas herbívoras vagueadoras, onívoras, comedoras de invertebrados móveis e a herbívoras territoriais, semelhante ao que foi encontrado por Pereira et al. (2014) na Costa dos Corais, Área de Proteção Marinha. Estes autores constataram que as guildas tróficas que apresentaram maiores abundâncias relativas foram: herbívoros errantes, comedores de invertebrados móveis, herbívoros territoriais, carnívoros e piscívoros. Segundo Longo et al. (2015), no Atol das Rocas, as espécies planctívoras diurnas, onívoras, herbívoras territoriais e raspadoras foram os grupos funcionais de peixes mais abundantes, enquanto que as espécies raspadoras, carnívoras e comedores de invertebrados móveis apresentaram a maior parte da biomassa de peixes.

As categorias alimentares mais encontradas entre as piscinas tanto no período seco quanto no chuvoso, foram as planctívoras e as herbívoras vagueadoras. As planctívoras estão representadas em sua maioria pela espécie *T. noronhanum*. Por isso, essa categoria trófica foi encontrada como mais abundante nos dois períodos do ano. Essa espécie é especialmente abundante em torno das ilhas oceânicas do Atol das Rocas e Fernando de Noronha (Rocha et al. 2001; Froese e Pauly 2004). A categoria herbívora vagueadora está representada principalmente pela espécie *A. chirurgus*, que segundo Longo et al. (2015) e Marques (2006), essa espécie tem preferência pela macroalga *D. simplex*, a qual está disponível no ambiente tanto no período seco quanto no chuvoso.

Entre os descritores ecológicos com a comunidade de peixes no Atol das Rocas, as correlações com os parâmetros ambientais não foram significativas, com exceção da correlação entre a diversidade e a profundidade da piscina. Os fatores ambientais (profundidade e complexidade do habitat) em Laje de Santos, Parque Estadual Marinho, relatado por Luiz Júnior (2009), afetaram tanto a riqueza como a abundância da assembleia de peixes de recife. No Atol das Rocas, fatores como tipo de conexão da piscina, período do ano e o tipo de substrato são os que influenciam na composição e distribuição da ictiofauna entre as piscinas. Apenas um fator abiótico, profundidade, influenciou na composição e distribuição das comunidades peixes entre as piscinas.

Referências bibliográficas

- Amarante, A (2009). De olho no peixe Guia Fotográfico para Identificação de peixes Marinhos Brasil e Caribe. 1rd edn. Cultura Sub Ary Amarante, São Paulo, 62 pages.
- Choat JH, Bellwood DR (1991) Reef fishes: Their history and evolution. The ecology of fishes on coral reefs, In sale, P. F (ed), San Diego, Academic Press Inc. pp 39-68.
- Camargo M, Isaac VJ(2003).Ictiofauna estuarine In: Os manguezais da costa norte brasileira. Fernandes, M. E.B edn. Maranhão, Fundação Rios Bacanga, pp 105-142.
- Campos CA, Silva MB, Targino SG(2007) Simbiose de limpeza de *Thalassoma noranhanum* (Boulanger, 1890) (Labridae) na Reserva Biológica do Atol das Rocas, Rio Grande do Norte, Brasil. Revista Etologia 8(2):63-70.
- Edgar GJ, Shaw C(1995)The production and trophic ecology of shallow-water fish assemblages in southern Australia: general relationship between sediments, seagrasses, invertebrates and fishes. Journal of Experimental in Marine Biology and Ecology 194:107-131.
- Ferreira CEL, Floeter SR, Gasparini JL, Ferreira BP, Joyeux JC(2004)Trophic structure patterns of Brazilian reef fishes: a latitudinal comparison. Journal of Biogeography31:1093-1106.
- Fishelson L(1998) Behaviour, socio-ecology and sexuality in damselfishes (Pomacentridae). Italian Journal of Zoology 65:387-398.
- Floeter SR, Krohling W, Gasparini JL, Ferreira CEL, Zalmon IR(2007)Reef fish community structure on coastal islands of the southeastern Brazil: the influence of exposure and benthic cover. Environmental Biology of Fishes 78:147-160.
- Froese R, Pauly D(2013) Editors. FishBase. World Wide Web electronic publication. www.fishbase.org. Accessed 20 August 2015.
- Gherardi DFM,Bosence DWJ(2005) Late Holocene reef growth and relative sea level changes in Atol das Rocas, equatorial South Atlantic. Coral Reefs 24:264-272. doi: 10.1007/s00338-005-0475-5
- Gherardi DFM, Bosence DWJ(2001) Composition and community structure the coralline alga reefs from Atol das Rocas, South Atlantic, Brazil. Coral Reefs.19:205-219.
- Gherardi DFM,Bosence DWJ (1999) Modeling of the ecological succession of encrusting organisms in recent coralline-algal frameworks from Atol das Rocas, Brazil. Palaios 14(2):145-158.
- Hackradt CW, Félix-Hackradt FC(2009) Assembléia de peixes associados a ambientes consolidados no litoral do Paraná, Brasil: Uma análise qualitativa com notas sobre sua biotecnologia. Peixes de costão rochoso do Paraná 403 pages.
- Hodgson G,Stepath CM. Using Reef Check from Long-term Coral Reef Monitoring in Hawaii.http://www.isigakizima.com/coral/Hawaii1.pdf. Accessed 30 September 2014.
- Höflich O (1984) Climate of the South Atlantic Ocean. In: Van Loon H (ed) Climates of the oceans. Elsevier,

Amsterdam 1:1-192.

- Joeux JC, Floeter SR, Ferreira CEL (2001) Biogeography of tropical reef fish: the South Atlantic puzzle. *Journal of Biogeography* 28:831-841.
- Kikuchi RKP. Atol das Rocas, Atlântico sul equatorial ocidental, Brasil. In: Schobbenhaus, C.; Campos, D.A.; Queiroz, E.T.; Winge, M. 1999. Berbert-Born, M. (Edit.) *Sítios Geológicos e Paleontológicos do Brasil*. Publicado na Internet no endereço <http://www.unb.br/ig/sigep/sitio033/sitio033.htm>. Accessed 24 February 2015.
- Kikuchi RKP, Leão ZMAN (1997) Rocas (Southwestern Equatorial Atlantic, Brazil): an atoll built primarily by coralline algae. in: *INT. CORAL REEF SYM*, 8th, Panama 1:731-736.
- Kohler KE, Gill SM (2006) Coral Point Count with Excel extensions (CPCe): A visual Basic program for the determination of coral and substrate coverage using random point count methodology. *Computers & Geosciences* 32:1259-1269.
- Kraines SB, Isobe M, Komiyama H (2001) Seasonal variations in the exchange of water and water-borne particles at Majuro Atoll, the Republic of the Marshall Islands. *Coral Reefs* 20(4):330-340.
- Leão ZMAN, Kikuchi RKP, Testa V (2003) Corals and coral reefs of Brazil. In: Cortes J, editor. *Latin America Coral Reefs*. Elsevier Science, Amsterdam pp 9-52.
- Longo GO, Morais RA, Martins CDL, Mendes TC, Aued AW, Cândido V, De Oliveira JC, Nunes LT, Fontana L, Sissini MN, Teschima M, Silva MB, Ramlov F, Gouvea LP, Ferreira CEL, Segal B, Horta A, Floeter SR. 2015. Reef fish and feeding pressure on the Benthos at the only Atoll in South Atlantic: Rocas Atoll, NE Brazil. *Plos One* 10(6):e0127176. doi: 0.1371/journal.pone.0127176
- Luiz Jr OJ, Carvalho-Filho A, Ferreira CEL, Floeter SR, Gasparini JL, Sazima I (2008) The reef fish assemblage of the Laje de Santos Marine State Park, Southwestern Atlantic: annotated checklist with comments on abundance, distribution, trophic structure, symbiotic associations, and conservation. *Zootaxa* (Auckland. Print) 1807:1-25.
- Marques LV, Villaça M, Pereira RC (2006) Susceptibility of macroalgae to herbivorous fishes at Rocas Atoll, Brazil. *Revista Botânica Marina* 49:379-385.
- McClanahan T, Karnauskas M (2011) Relationships between benthic cover, current strength, herbivory, and a fisheries closure in Glovers Reef Atoll, Belize. *Coral Reefs* 30(1):9-19.
- Moring JR (1986) Seasonal presence of tidalpool fish species in a rocky intertidal zone of northern California, USA. *Hydrobiologia* 134:21-27.
- Oliveira PG, Oliveira DS, Pinheiro, PB, Haziz, FHV, Carvalho, FC, Vêras, DP, Silva, MB. 2011. Population structure and growth of the Lemon Shark, *Negaprion brevirostris* (Poey, 1868), at the Atol das Rocas Biological Reserve, Brazil. *Journal of Integrated Coastal Zone Management*. 11(4):389-395.
- Pinheiro IEG. 2006. Caracterização ecológica dos peixes recifais do Atol das Rocas. Dissertação de Mestrado.

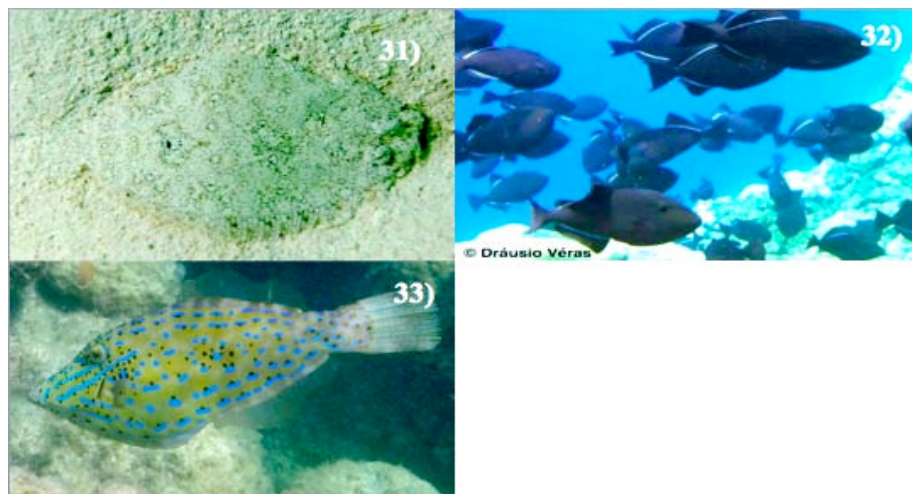
- Prista N, Vasconcelos RP, Costa MJ, Cabral H. 2003. The demersal fish assemblage of the coastal area adjacent to the Tagus estuary (Portugal) relationship with environmental conditions. **Oceanological Acta**, 26:525-536.
- Randall JE. 1967. **Food habits of reef fishes of the West Indies**. Stud. Trop. Oceanogr. 5: 665-847.
- Rocha LA & Rosa RS. 2001. *Halichoeres brasiliensis* (Bloch, 1791), a valid wrasse species (Teleostei: Labridae) from Brazil, with notes on the Caribbean species *Halichoeres radiatus* (Linnaeus, 1758). **Journal Ichthyology Aquatic Biology**. 4(4):161-166,
- Rogers CS, Garrison G, Grobber R, Hillis Z, Franke MA. **Coral Reef Monitoring Manual for the Caribbean and Western Atlantic**. 1994. Virgin Islands National Park. 114 pages.
- Rosa RS & Moura RL. 1997. **Visual assessment of reef fish community structure in the Atol das Rocas Biological Reserve, off northeastern Brasil**. 8th International Coral Reef Symposium. Smithsonian Tropical Research Institute. Panamá. p. 983-986.
- Sazima C, Grossman A, Bellini C, Sazima I. 2004. The moving gardens: reef fishes grazing, cleaning, and following green turtles in SW Atlantic. **Cybium**. 28:47-53.
- Sazima C, Ronaldo RM, Krajewisk JP, Sazima, I. 2005. The Noronha wrasse: a “jack-of-all-trades” follower. **Journal of Ichthyology and Aquatic Biology**. 9(3):97-108.
- Spalding MD, Ravilions C & Green EP. 2001. **World Atlas of Coral Reefs**. **University of California Press**. 424 pages.
- Stal J, Pihl L, Wennhage H. 2007. Food utilization by coastal fish assemblages in rocky and soft bottoms on the Swedish west coast: Inference for identification of essential fish habitats. **Estuarine Coastal and Shelf Science**. 71:593- 607.
- Williams, McB. 1991. Patterns and processes in the distribution of coral reef. In Sale, P.F (ed). The ecology of fishes on coral reefs, **Academic Press Inc**, San Diego.

APÊNDICE I. Imagens das espécies que foram observadas no presente estudo: 1) *Ginglymostoma cirratum*; 2) *Harengula clupeiola/jaguana*; 3) *Holocentrus adscensionis*; 4) *Myripristis jacobus*; 5) *Cephalopholis fulva*; 6) *Cephalopholis furcifer*; 7) *Malacanthus plumieri*; 8) *Caranx latus*; 9) *Caranx bartholomei*; 10) *Lutjanus jocu*; 11) *Haemulon chrysargyreum*; 12) *Haemulon parra*; 13) *Mulloidichthys martinicus*; 14) *Chaetodon striatus*; 15) *Chaetodon ocellatus*; 16) *Pomacanthus paru*; 17) *Abudefduf saxatilis*; 18) *Chromis multilineata*; 19) *Stegastes pictus*; 20) *Stegastes roacensis*; 21) *Halichoeres radiatus*; 22) *Thalassoma noronhanum*; 23) *Sparisoma frondosum*; 24) *Sparisoma amplum*; 25) *Sparisoma axillare*; 26) *Ophioblennius trinitatis*; 27) *Coryphopterus* aff. *glaucofraenum*; 28) *Gnatholepis thompsoni*; 29) *Acanthurus coeruleus*; 30) *Acanthurus chirurgus*; 31) *Bothus lunatus*; 32) *Melichthys niger*; 33) *Aluterus scriptus*.









ANEXO A. Regras de submissão para a revista *Environmental biology of fishes*.**Title Page**

The title page should include:

- The name(s) of the author(s)
- A concise and informative title
- The affiliation(s) and address(es) of the author(s)
- The e-mail address, telephone and fax numbers of the corresponding author

Abstract

Please provide an abstract of 150 to 250 words. The abstract should not contain any undefined abbreviations or unspecified references.

Keywords

Please provide 4 to 6 keywords which can be used for indexing purposes.

Text Formatting

Manuscripts should be submitted in Word.

- Use a normal, plain font (e.g., 10-point Times Roman) for text.
- Use italics for emphasis.
- Use the automatic page numbering function to number the pages.
- Do not use field functions.
- Use tab stops or other commands for indents, not the space bar.
- Use the table function, not spreadsheets, to make tables.
- Use the equation editor or MathType for equations.
- Save your file in docx format (Word 2007 or higher) or doc format (older Word versions).

Manuscripts with mathematical content can also be submitted in LaTeX.

Headings

Please use no more than three levels of displayed headings.

Abbreviations

Abbreviations should be defined at first mention and used consistently thereafter.

Footnotes

Footnotes can be used to give additional information, which may include the citation of a reference included in the reference list. They should not consist solely of a reference citation, and they should never include the bibliographic details of a reference. They should also not contain any figures or tables.

Footnotes to the text are numbered consecutively; those to tables should be indicated by superscript lower-case letters (or asterisks for significance values and other statistical data). Footnotes to the title or the authors of the article are not given reference symbols.

Always use footnotes instead of endnotes.

Acknowledgments

Acknowledgments of people, grants, funds, etc. should be placed in a separate section on the title page. The names of funding organizations should be written in full.

Scientific Style

Authors are urged to comply with the rules of biological nomenclature, as expressed in the International Code of Zoological Nomenclature, the International Code of Botanical Nomenclature, and the International Code of Nomenclature of Bacteria. When a species name is used for the first time in an article, it should be stated in full, and the name of its describer should also be given. Descriptions of new taxa should comprise official repository of types (holotype and paratypes); author's collections as repositories of types are unacceptable.

Genus and species names should be in italics.

Authors are encouraged to place all species distribution records in a publicly accessible database such as the National Global Biodiversity Information Facility (GBIF) nodes (www.gbif.org) or data centers endorsed by GBIF, including BioFresh (www.freshwaterbiodiversity.eu)

- [National Global Biodiversity Information Facility \(GBIF\)](http://www.gbif.org)
- [BioFresh](http://www.freshwaterbiodiversity.eu)

References**Citation**

Cite references in the text by name and year in parentheses. Some examples:

- Negotiation research spans many disciplines (Thompson 1990).
- This result was later contradicted by Becker and Seligman (1996).
- This effect has been widely studied (Abbott 1991; Barakat et al. 1995a, b; Kelso and Smith 1998; Medvec et al. 1999, 2000).

Reference list

The list of references should only include works that are cited in the text and that have been published or accepted for publication. Personal communications and unpublished works should only be mentioned in the text. Do not use footnotes or endnotes as a substitute for a reference list.

Reference list entries should be alphabetized by the last names of the first author of each work. Order multi-author publications of the same first author alphabetically with respect to second, third, etc. author. Publications of exactly the same author(s) must be ordered chronologically.

- **Journal article**
Gamelin FX, Baquet G, Berthoin S, Thevenet D, Nourry C, Nottin S, Bosquet L (2009) Effect of high intensity intermittent training on heart rate variability in prepubescent children. *Eur J Appl Physiol* 105:731-738. doi: 10.1007/s00421-008-0955-8
Ideally, the names of all authors should be provided, but the usage of “et al” in long author lists will also be accepted:
Smith J, Jones M Jr, Houghton L et al (1999) Future of health insurance. *N Engl J Med* 965:325–329
- **Article by DOI**
Slifka MK, Whitton JL (2000) Clinical implications of dysregulated cytokine production. *J Mol Med*. doi:10.1007/s001090000086
- **Book**
South J, Blass B (2001) *The future of modern genomics*. Blackwell, London
- **Book chapter**
Brown B, Aaron M (2001) The politics of nature. In: Smith J (ed) *The rise of modern genomics*, 3rd edn. Wiley, New York, pp 230-257
- **Online document**

Cartwright J (2007) Big stars have weather too. IOP Publishing PhysicsWeb. <http://physicsweb.org/articles/news/11/6/16/1>. Accessed 26 June 2007

- Dissertation

Trent JW (1975) Experimental acute renal failure. Dissertation, University of California

Always use the standard abbreviation of a journal's name according to the ISSN List of Title Word Abbreviations, see

- ISSN LTWA

If you are unsure, please use the full journal title.

For authors using EndNote, Springer provides an output style that supports the formatting of in-text citations and reference list.

- EndNote style (zip, 2 kB)

Tables

- All tables are to be numbered using Arabic numerals.
- Tables should always be cited in text in consecutive numerical order.
- For each table, please supply a table caption (title) explaining the components of the table.
- Identify any previously published material by giving the original source in the form of a reference at the end of the table caption.
- Footnotes to tables should be indicated by superscript lower-case letters (or asterisks for significance values and other statistical data) and included beneath the table body.

Artwork and Illustrations Guidelines

Electronic Figure Submission

- Supply all figures electronically.
- Indicate what graphics program was used to create the artwork.
- For vector graphics, the preferred format is EPS; for halftones, please use TIFF format. MSOffice files are also acceptable.
- Vector graphics containing fonts must have the fonts embedded in the files.

- Name your figure files with "Fig" and the figure number, e.g., Fig1.eps.

Line Art

- Definition: Black and white graphic with no shading.
- Do not use faint lines and/or lettering and check that all lines and lettering within the figures are legible at final size.
- All lines should be at least 0.1 mm (0.3 pt) wide.
- Scanned line drawings and line drawings in bitmap format should have a minimum resolution of 1200 dpi.
- Vector graphics containing fonts must have the fonts embedded in the files.

Electronic Supplementary Material

Springer accepts electronic multimedia files (animations, movies, audio, etc.) and other supplementary files to be published online along with an article or a book chapter. This feature can add dimension to the author's article, as certain information cannot be printed or is more convenient in electronic form.

Submission

- Supply all supplementary material in standard file formats.
- Please include in each file the following information: article title, journal name, author names; affiliation and e-mail address of the corresponding author.
- To accommodate user downloads, please keep in mind that larger-sized files may require very long download times and that some users may experience other problems during downloading.

Audio, Video, and Animations

- Aspect ratio: 16:9 or 4:3
- Maximum file size: 25 GB
- Minimum video duration: 1 sec
- Supported file formats: avi, wmv, mp4, mov, m2p, mp2, mpg, mpeg, flv, mxf, mts, m4v, 3gp

Text and Presentations

- Submit your material in PDF format; .doc or .ppt files are not suitable for long-term viability.

- A collection of figures may also be combined in a PDF file.

Spreadsheets

- Spreadsheets should be converted to PDF if no interaction with the data is intended.
- If the readers should be encouraged to make their own calculations, spreadsheets should be submitted as .xls files (MS Excel).

Specialized Formats

- Specialized format such as .pdb (chemical), .wrl (VRML), .nb (Mathematica notebook), and .tex can also be supplied.

Collecting Multiple Files

- It is possible to collect multiple files in a .zip or .gz file.

Numbering

- If supplying any supplementary material, the text must make specific mention of the material as a citation, similar to that of figures and tables.
- Refer to the supplementary files as “Online Resource”, e.g., "... as shown in the animation (Online Resource 3)", "... additional data are given in Online Resource 4”.
- Name the files consecutively, e.g. “ESM_3.mpg”, “ESM_4.pdf”.

Captions

- For each supplementary material, please supply a concise caption describing the content of the file.

Processing of supplementary files

- Electronic supplementary material will be published as received from the author without any conversion, editing, or reformatting.

Accessibility

In order to give people of all abilities and disabilities access to the content of your supplementary files, please make sure that

- The manuscript contains a descriptive caption for each supplementary material
- Video files do not contain anything that flashes more than three times per second (so that users prone to seizures caused by such effects are not put at risk)

Halftone Art

- Definition: Photographs, drawings, or paintings with fine shading, etc.
- If any magnification is used in the photographs, indicate this by using scale bars within the figures themselves.
- Halftones should have a minimum resolution of 300 dpi.

Combination Art

- Definition: a combination of halftone and line art, e.g., halftones containing line drawing, extensive lettering, color diagrams, etc.
- Combination artwork should have a minimum resolution of 600 dpi.

Color Art

- Color art is free of charge for online publication.
- If black and white will be shown in the print version, make sure that the main information will still be visible. Many colors are not distinguishable from one another when converted to black and white. A simple way to check this is to make a xerographic copy to see if the necessary distinctions between the different colors are still apparent.
- If the figures will be printed in black and white, do not refer to color in the captions.
- Color illustrations should be submitted as RGB (8 bits per channel).

Figure Lettering

- To add lettering, it is best to use Helvetica or Arial (sans serif fonts).
- Keep lettering consistently sized throughout your final-sized artwork, usually about 2–3 mm (8–12 pt).
- Variance of type size within an illustration should be minimal, e.g., do not use 8-pt type on an axis and 20-pt type for the axis label.
- Avoid effects such as shading, outline letters, etc.
- Do not include titles or captions within your illustrations.

Figure Numbering

- All figures are to be numbered using Arabic numerals.
- Figures should always be cited in text in consecutive numerical order.
- Figure parts should be denoted by lowercase letters (a, b, c, etc.).
- If an appendix appears in your article and it contains one or more figures, continue the consecutive numbering of the main text. Do not number the appendix figures, "A1, A2, A3, etc." Figures in online appendices (Electronic Supplementary Material) should, however, be numbered separately.

Figure Captions

- Each figure should have a concise caption describing accurately what the figure depicts. Include the captions in the text file of the manuscript, not in the figure file.
- Figure captions begin with the term Fig. in bold type, followed by the figure number, also in bold type.
- No punctuation is to be included after the number, nor is any punctuation to be placed at the end of the caption.
- Identify all elements found in the figure in the figure caption; and use boxes, circles, etc., as coordinate points in graphs.
- Identify previously published material by giving the original source in the form of a reference citation at the end of the figure caption.

Figure Placement and Size

- Figures should be submitted separately from the text, if possible.
- When preparing your figures, size figures to fit in the column width.
- For most journals the figures should be 39 mm, 84 mm, 129 mm, or 174 mm wide and not higher than 234 mm.
- For books and book-sized journals, the figures should be 80 mm or 122 mm wide and not higher than 198 mm.

Permissions

If you include figures that have already been published elsewhere, you must obtain permission from the copyright owner(s) for both the print and online format. Please be aware

that some publishers do not grant electronic rights for free and that Springer will not be able to refund any costs that may have occurred to receive these permissions. In such cases, material from other sources should be used.

Accessibility

In order to give people of all abilities and disabilities access to the content of your figures, please make sure that

- All figures have descriptive captions (blind users could then use a text-to-speech software or a text-to-Braille hardware)
- Patterns are used instead of or in addition to colors for conveying information (colorblind users would then be able to distinguish the visual elements)
- Any figure lettering has a contrast ratio of at least 4.5:1