

## VULNERABILIDADES DOS SISTEMAS NATURAIS

**BIODIVERSIDADE E UNIDADES DE CONSERVAÇÃO NA REGIÃO METROPOLITANA DO RIO DE JANEIRO: APRECIÇÃO GERAL DAS VULNERABILIDADES FACE ÀS MUDANÇAS CLIMÁTICAS**

VULNERABILIDADE DOS MANGUEZAIS DA REGIÃO METROPOLITANA DO RIO DE JANEIRO FACE ÀS MUDANÇAS CLIMÁTICAS

VULNERABILIDADES DAS LAGOAS DA REGIÃO METROPOLITANA DO RIO DE JANEIRO ÀS MUDANÇAS CLIMÁTICAS

MONITORAMENTO DOS PROBLEMAS DE ENCOSTA NA CIDADE DO RIO DE JANEIRO FRENTE ÀS MUDANÇAS CLIMÁTICAS EM CURSO E FUTURAS

# BIODIVERSIDADE E UNIDADES DE CONSERVAÇÃO NA REGIÃO METROPOLITANA DO RIO DE JANEIRO: APRECIÇÃO GERAL DAS VULNERABILIDADES FACE ÀS MUDANÇAS CLIMÁTICAS

Giovaninni Luigi | COPPE/UFRJ

## Introdução

A Região Metropolitana do Rio de Janeiro (RMRJ) está inserida em um dos setores do bioma Mata Atlântica mais ricos em biodiversidade, o que se deve, em grande parte, à variedade de paisagens naturais localizadas desde o nível do mar até as maiores elevações (cerca de 2.000 m) da serra dos Órgãos, a norte.

Como parte integrante do trópico úmido, essa região foi submetida a eventos sequenciais de fragmentação de ambientes e conseqüente especiação de diferentes organismos, em parte devido a sucessivas mudanças no clima ocorridas no passado. Assim, co-habitam uma diversidade de espécies endêmicas, com populações espacialmente disjuntas, sobretudo nos terrenos mais elevados.

A conservação da diversidade de ambientes naturais e da biodiversidade associada, entretanto, vem sendo severamente afetada por atividades antrópicas variadas, cujos reflexos negativos se manifestam no crescente número de espécies da fauna e flora vulneráveis ou criticamente ameaçadas de extinção na região. Neste cenário, os impactos das mudanças climáticas aumentam as chances de extinção, particularmente de espécies com reduzida ou ausente capacidade de locomoção, associadas a espaços geográficos restritos e particulares ou incapazes de efetuar ajustamentos fisiológicos.

No presente capítulo, pretende-se discutir, de forma sucinta e circunstancial, os efeitos das mudanças climáticas globais na biodiversidade dos 20 municípios que integram a RMRJ, apontando-se as vulnerabilidades dos sistemas naturais e as ações necessárias para que maiores danos sejam evitados ou, ao menos, minorados.

## A biodiversidade

Os municípios que integram a RMRJ estão inteiramente inseridos no Domínio da Mata Atlântica, um complexo conjunto de fisionomias e formações florestais de diferentes extensões, condições ecológicas, estágio de conservação e pressão (Lino & Albuquerque, 2007). Em termos gerais, trata-se de um conjunto de ecossistemas com estruturas e composições florísticas diferenciadas, em função de peculiaridades de solo, relevo e clima, dos quais se destacam diversos perfis florestais, bem como ecossistemas “associados”, tais como manguezais, restingas e brejos interioranos.

Na seção da serra do Mar ao norte da RMRJ e que abrange parte dos municípios de Nova Iguaçu, Duque de Caxias, Magé e Guapimirim, localmente representada pela serra dos Órgãos, as cotas altitudinais superam os 2.000 m, de modo que se observa um gradiente altitudinal considerável, desde o nível do mar. Esse aspecto do relevo responde pela presença de diferentes manifestações fisionômico-florísticas da Floresta Ombrófila Densa (*sensu* Brasil, 1983): entre 5 e 50 m de altitude, ocorrem as matas de terras baixas; de 50 a 500 m, as sub-montanas; entre 500 e 1.800 m, as montanas; e, acima dessa cota, os campos de altitude. Há, ainda, áreas de vegetação rupestre nos afloramentos rochosos graníticos serranos e maciços costeiros.

Originalmente, a Floresta Ombrófila Densa ocorria de forma contínua desde as planícies litorâneas até os campos de altitude, ao passo que na zona litorânea e em determinadas áreas ao redor da Baía da Guanabara prevalecia uma vegetação paludosa e restingas, além de manguezais, dos quais restam cerca de 80km<sup>2</sup>, dos originais 260 km<sup>2</sup> (Coelho, 2007). Atualmente, na maior parte da RMRJ predominam paisagens antropizadas, representadas por sistemas agropecuários pontilhados por vegetação secundária em diversos estágios de regeneração, sobretudo nas baixadas.

A **Figura 1** ilustra o atual estado de distribuição da vegetação remanescente na área de estudo.

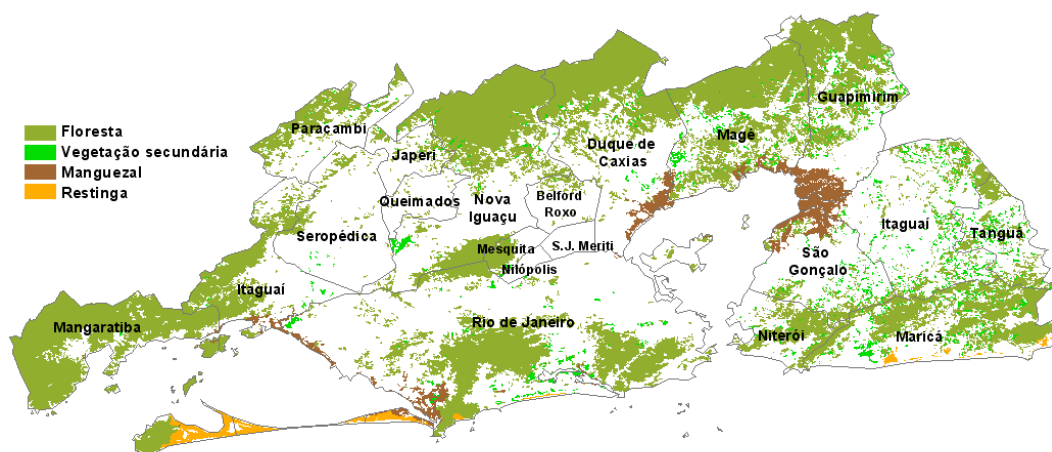


Figura 1: Remanescentes de vegetação nativa na área de estudo.  
Fonte: ZEE/RJ (2010)

A Mata Atlântica brasileira é um dos biomas mais biodiversos do mundo e um dos mais ameaçados, sendo considerado como um dos cinco *hot spots*<sup>1</sup> mundiais e, portanto, área prioritária para a conservação (Mittermeier *et al.*, 1999; Myers *et al.*, 2000). Concentra o maior número de espécies endêmicas de vários grupos zoológicos e botânicos (Rocha, 2000; Lagos & Muller, 2007),

<sup>1</sup> Para ser considerado um hot spot, um bioma deve possuir mais de 1.500 espécies endêmicas de plantas e estar representado por uma área inferior a 1/4 da sua extensão original. Cabe notar que a área original da Mata Atlântica correspondia a, aproximadamente, 1.300.000 km<sup>2</sup>, dos quais restam apenas 98.000 km<sup>2</sup> (Morellato & Haddad, 2000).

particularmente em setores como o Corredor Central da Serra do Mar (CCSM), que abrange terras dos estados do Rio de Janeiro, São Paulo e leste de Minas Gerais.

A diversidade florística é elevada na RMRJ, com o índice de Shannon-Weaver<sup>2</sup> variando entre 2,95 (Silva, 2009), na Fazenda Bela Vista, em Nova Friburgo, a 4,20, na Estação Ecológica de Paraíso (Kurtz & Araújo, 2000). Por outro lado, toda a área de estudo está circunscrita a uma disjunção florística que inclui a maior parte dos estados do Espírito Santo Estado e Rio de Janeiro (ERJ), onde coexistem sistemas biológicos que, em muitos casos, são únicos, ilhados por condições ecológicas e barreiras naturais muito específicas. O ERJ é, por este motivo, um dos maiores centros de endemismo de plantas do país (Leal *et al.*, 2009).

Com relação à fauna, a riqueza de espécies é elevada para borboletas (Brown & Freitas, 2000), lagartos (Vanzolini, 1988), aves (Silva *et al.*, 2004) e mamíferos (Costa *et al.*, 2000). São cerca de 1.130 espécies somente de vertebrados terrestres, o que representa 81% do que é conhecido do grupo com relação a Mata Atlântica (Rocha *et al.*, 2003, 2004; Alves *et al.*, 2003). Neste palco, a serra dos Órgãos destaca-se como uma área florestada do tipo montana e alto-montana com notável nível de endemismo, riqueza de invertebrados e número de espécies ameaçadas de mamíferos, aves, répteis e anfíbios (Rocha, 2000), ao lado dos blocos de vegetação dos maciços litorâneos, onde também são encontrados remanescentes florestais (Rocha *et al.*, 2005).

Entre os invertebrados, há registro de espécies endêmicas de formigas nas matas de Duque de Caxias e de numerosas espécies de borboletas (incluindo endêmicas e ameaçadas) na Cidade do Rio de Janeiro, Duque de Caxias e no PARNA da Serra dos Órgãos. Entre os aracnídeos, grande parte das espécies endêmicas é encontrada em matas úmidas de Duque de Caxias (serra do Tinguá), Guapimirim, Cachoeiras de Macacu e no Rio de Janeiro.

Com relação aos peixes continentais, Itaguaí, Magé e Maricá apresentam elevado número de espécies endêmicas (Mazzoni *et al.*, 2009).

Para os anfíbios, uma das áreas chave para efeito de conservação do elevado número de espécies endêmicas é a serra dos Órgãos, assim como as matas dos maciços da Tijuca, Pedra Branca e Mendanha, no município do Rio de Janeiro (van Sluys, 2009). Para os répteis, os maiores índices de valor de conservação estão associados aos municípios do Rio de Janeiro e Maricá (Rocha *et al.*, 2009).

No que diz respeito às aves, uma das áreas que se destacam como de maior concentração de endemismos e/ou de espécies ameaçadas de extinção é a Serra dos Órgãos (Alves *et al.*, 2009), o que

---

<sup>2</sup> O índice de diversidade de Shannon-Weaver é utilizado para quantificar a diversidade de espécies de plantas em estudos ecológicos: quanto mais alto, maior o número de espécies e menor o domínio da comunidade por uma ou poucas espécies (Odum, 1988).

também é válido para os mamíferos (Bergallo *et al.*, 2009 b). Por outro lado, das 11 IBA (*Important Bird Area*) definidas por Bencke *et al.* (2006) para o ERJ, quatro estão associadas à área de estudo.

O gradiente altitudinal favorece, da mesma forma, à fixação de um maior número de espécies, com muitos elementos endêmicos. A título de exemplo, são encontradas, somente no PARNA da Serra dos Órgãos, cerca de 460 espécies de aves, o que representa 70% das mais de 650 espécies registradas no ERJ. Ademais, o referido PARNA abriga 45 das 100 espécies de aves estaduais consideradas ameaçadas ou possivelmente ameaçadas (Alves *et al.*, 2000), muitas das quais estão associadas a faixas altitudinais muito estreitas. Este padrão de distribuição espacial é extensível a diversos grupos de invertebrados e demais classes de vertebrados (ver os recentes artigos publicados em Bergallo *et al.*, 2009 a).

Trabalho recente de Rocha *et al.* (2009) aponta para índices elevados de valor de conservação da fauna e flora para municípios que possuem parte de seu território circunscrita à serra dos Órgãos (e.g., Guapimirim, Magé, Duque de Caxias), assim como para Mangaratiba e Maricá, este com diversas espécies de plantas e animais próprias de restinga, com distribuição geográfica muito restrita. O município do Rio de Janeiro, com sua diversidade de paisagens, é o que apresenta o maior Índice de Valor de Conservação<sup>3</sup> (Figura 2).

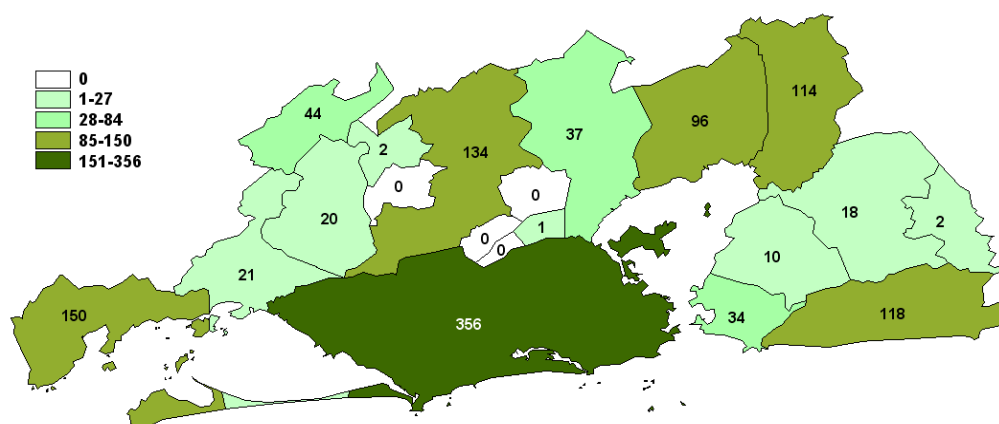


Figura 2:- Índice de Valor de Conservação da Fauna e Flora. Fonte: Modificado de Rocha *et al.*, (2009)

Scarano *et al.* (2008) definiram o Índice de Valor de Conservação da Flora, separadamente (Figura 3), obtendo escore elevado para o Rio de Janeiro (= 508) e nulo para diversos municípios da Baixada Fluminense (Belford Roxo, São João de Meriti, Mesquita, Nilópolis, Japeri, Queimados e Paracambi), bem como São Gonçalo, Itaboraí e Tanguá, o que pode ser atribuído à inexistência de inventários

<sup>3</sup> O Índice de Valor de Conservação refere-se à soma dos escores atribuídos ao conjunto de espécies da fauna e flora presentes em um dado município, levando em consideração o grau de ameaça (presença em listas de espécies ameaçadas) e endemismo de cada espécie com relação a Mata Atlântica e ao Estado do Rio de Janeiro.

florísticos e/ou insuficiência de dados amostrais. Os demais apresentaram escores que variaram de 1 (Seropédica) a 91 (Niterói).

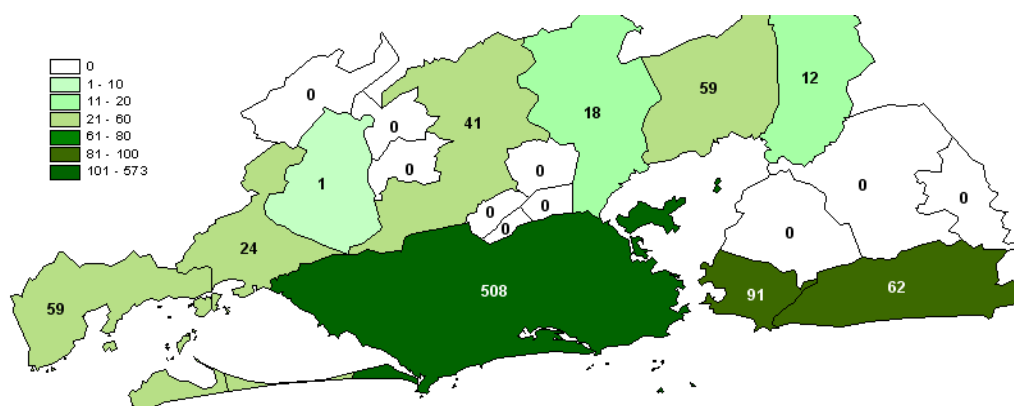


Figura 3 - Índice de Valor de Conservação da Flora. Fonte: Modificado de Scarano et al, (2009)

Vale ressaltar que o conhecimento acerca da biodiversidade da RMRJ é ainda incipiente e que, ainda, serão necessárias décadas de estudos para que seus contornos sejam satisfatoriamente delineados. Sintomaticamente, somente o município do Rio de Janeiro possui lista oficial de espécies da fauna e flora ameaçadas de extinção (SMAC, 2010).

### Impactos das mudanças climáticas na biodiversidade

Muito embora a dimensão física dos efeitos das mudanças climáticas possua contorno bem definido (Crowley, 2000), o conhecimento sobre seus impactos na biodiversidade pode ser considerado insatisfatório. Há, porém, um consenso com relação ao fato de que os processos ecológicos e a distribuição, abundância e persistência de muitos organismos serão negativamente afetados (McLaughlin *et al.*, 2002; Root & Schneider, 2006). Em nível global, respostas potenciais às mudanças climáticas têm sido examinadas, levando-se em consideração, primordialmente, espécies e habitats específicos (e.g., Visser *et al.*, 1998; Iverson *et al.*, 1999).

As aves são um grupo de organismos particularmente sensíveis ao clima e, portanto, bons indicadores de alterações climáticas (Berthold *et al.*, 2004). De acordo com Wormworth & Mollon (2006), há fortes evidências de que o aumento de 0.8°C registrado na temperatura global, no século passado, tenha impactado negativamente o comportamento, distribuição, dinâmica populacional e reprodução de algumas populações. A maioria das evidências indica que as mudanças climáticas esperadas por ocorrer até 2100 resultarão em mudanças na distribuição de espécies, declínios populacionais significativos, elevadas taxas de extinção, perturbações na relação com predadores,

competidores e parasitas (Wormworth & Mollon, 2006) e no sucesso reprodutivo (Julliard *et al.*, 2009).

As mudanças climáticas afetarão, também, a biodiversidade de forma indireta, em função, por exemplo, da elevação do nível dos oceanos e de mudanças no regime do fogo, na vegetação e no uso da terra. Em se duplicando a concentração de CO<sub>2</sub> na atmosfera, admite-se que as mudanças climáticas venham a ser responsáveis pela destruição de algo em torno de 35% dos habitats mundiais (Malcolm & Markham, 2000).

Via de regra, os estudos que se debruçam sobre os impactos das mudanças climáticas globais na biodiversidade apontam para três tipos de respostas básicas dos organismos: a) extinção; b) adaptação às novas condições de clima (fisiológica e/ou geneticamente); e c) deslocamento (migração) para regiões onde as condições climáticas pretéritas eventualmente prevaleçam.

A extinção de espécies ocorre pela incapacidade dos indivíduos de se adaptarem, de imediato, às mudanças do clima, que transcorrerão em um espaço de tempo relativamente curto. No segundo caso, as espécies não seriam severamente afetadas ou, ao contrário, poderiam até se beneficiar, expandindo sua área de vida, em processos de adaptação pela seleção natural de genótipos mais afeitos às novas condições climáticas. No terceiro caso, as espécies responderiam às mudanças climáticas alterando sua distribuição no espaço, acompanhando as mudanças geográficas de seus respectivos nichos ecológicos.

Avaliar os efeitos das mudanças climáticas sobre a biodiversidade, porém, não é matéria trivial, uma vez que há um grau elevado de incerteza relacionado à congruência dos modelos climáticos futuros em relação aos modelos matemáticos que tratam da distribuição potencial de espécies.

De um modo geral, modelos e modelagens matemáticas não levam em consideração uma série de variáveis ambientais, tais como barreiras geográficas naturais (como empecilho a migrações) e processos ecológicos e evolutivos complexos (e.g., competição e mutualismo). Influências não-climáticas de caráter antropogênico, como mudanças no uso do solo, fogo, pestes e doenças, são prováveis inibidores de dispersão, tratando-se de variáveis que os modelos matemáticos, abertamente, ainda desconsideram (**Figura 4**). Dessa forma, a determinação da intensidade dos prejuízos à biodiversidade, em função das mudanças climáticas, encontra-se em um estágio precoce, o que significa que as perdas podem ser muito mais significativas do que se prevê, atualmente.

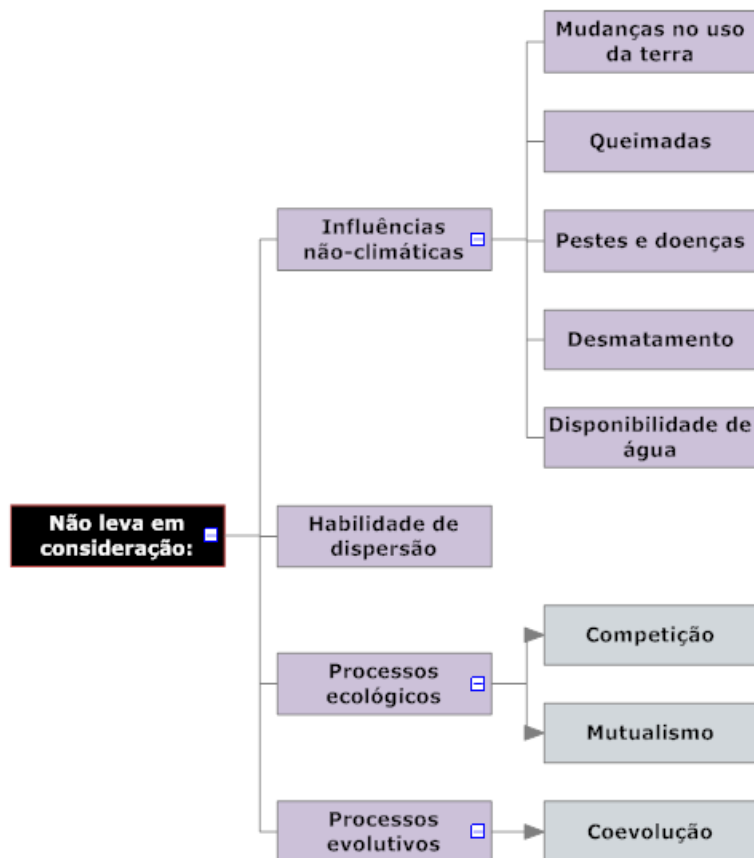


Figura 4 : Restrições do uso de modelagem de nicho ecológico para cenários de alteração na distribuição de espécies da biodiversidade face a cenários de mudanças climáticas. Fonte: Elaboração própria.

### **Efeitos na área de estudo**

O conhecimento acumulado, até o momento, sobre os impactos das mudanças climáticas na biodiversidade em território nacional é ao extremo limitado, a despeito de o País deter a maior biodiversidade planetária. Na prática, restringe-se a apontamentos gerais sobre os principais biomas (e.g., Marengo, 2006; Joly, 2007; Nobre *et al.*, 2008), complementados por trabalhos pioneiros sobre uma inexpressiva parcela de espécies ou grupos de espécies da fauna e flora (e.g., Siqueira & Peterson, 2003; Miles *et al.*, 2004; Siqueira *et al.*, 2006; Colombo, 2007; Laurence *et al.*, 2007; Giovanelli *et al.*, 2008; Colombo & Joly, 2009; Marini *et al.*, 2009 a,b; 2010 a, b). Em comum, tais estudos apontam para cenários de perda de biodiversidade em níveis sem precedentes ainda para este século.

A seguir, são avaliados os possíveis impactos e a vulnerabilidade dos ecossistemas terrestres e aquáticos da área de estudo.



## Ecossistemas terrestres

O aumento da frequência e intensidade de eventos meteorológicos extremos e de alterações de padrões de variáveis climáticas, como temperatura e precipitação, afetarão a biodiversidade, primariamente, pela perda de habitats e alterações na composição das espécies da fauna e flora. As áreas mais afetadas serão as encostas das serras e dos maciços litorâneos, onde são observados os remanescentes de vegetação nativa mais significativos.

No longo prazo, as mudanças climáticas podem ser responsáveis pela redução na área de ocorrência potencial de espécies, conforme Colombo (2007) prognosticou, com base em técnicas de modelagem preditiva, para 38 espécies arbóreas da Mata Atlântica. Em média, a redução na área de ocorrência potencial das espécies estudadas foi, no cenário otimista, de 25%, e no cenário pessimista, de 50%<sup>4</sup>.

Há, também, claras evidências de que nas latitudes mais quentes, a exemplo da região de inserção da área de estudo, as florestas tropicais de altitude poderão se tornar mais secas e serem invadidas por espécies de altitudes mais baixas (Pounds *et al.*, 1999) ou por elementos típicos de paisagens abertas de biomas vizinhos (no presente caso, do Cerrado). Segundo Hilbert *et al.* (2002), uma diferença de apenas 1<sup>o</sup>C poderá ser responsável pelo desaparecimento de 50% das florestas de altitude tropicais.

Scarano e colegas (2008) elaboraram algumas generalizações sobre os efeitos das mudanças globais em plantas e tipos de vegetação do ERJ. Atestam, nesse sentido, que as briófitas são especialmente sensíveis, em particular os grupos que contém espécies epífitas, e que os campos de altitude - presentes em faixas altitudinais superiores a 1.800 m na RMRJ - seriam especialmente suscetíveis a mudanças nas condições climáticas as quais estão ajustados, atualmente.

As mudanças climáticas de longo prazo apresentam, também, o potencial de interferir na distribuição, abundância e impactos causados ao ambiente natural ou humano por espécies invasoras<sup>5</sup> (Gritti *et al.*, 2006; Hellmann *et al.*, 2008). Tais organismos podem afetar as propriedades e processos ecossistêmicos, bem como a estrutura de comunidades inteiras, cuja dimensão pode ser aferida pelo tamanho da área colonizada, abundância da espécie, impacto *per capita* e disponibilidade dos recursos de que se valem para viver (Parker *et al.*, 1999), que, por seu turno, são aspectos influenciados por variáveis climáticas. Nesse caso, quanto maior a tolerância às mudanças

---

<sup>4</sup> Para o cenário otimista, foi previsto um aumento anual de 0,5% na concentração de CO<sub>2</sub> e aumento médio da temperatura de ≤ 2<sup>o</sup>C. No cenário pessimista, o aumento médio na concentração de CO<sub>2</sub> atmosférico seria de 1%, ao passo que o aumento médio da temperatura seria da ordem de 4<sup>o</sup>C, até 2050 (Colombo, 2007).

<sup>5</sup> Para efeito deste trabalho, espécie invasora (*sensu* Lodge *et al.*, 2006) é aquela que foi introduzida, naturalmente ou pela ação humana, em uma determinada área, onde passa a causar impactos negativos na biota nativa ou à economia e à saúde humana.

do clima, maiores as chances de superação de barreiras bióticas e de sucesso da colonização de novas áreas.

A dispersão de espécies invasoras pode, ainda, ser potencializada pela retração da área de vida das espécies nativas que competem pelos mesmos recursos naturais, mas que, paulatinamente, sucumbem às novas condições climáticas (Byers, 2002). Este pode ser o caso específico de um grupo de símios da família *Callithrycidae*, encontrado no PARNA da Serra dos Órgãos, citado como exemplo, a seguir.

Originalmente de áreas abertas (respectivamente a Caatinga e o Cerrado), o sagui-de-tufos-brancos (*Callithryx jacchus*) e sagui-de-tufos-pretos (*Callithryx penicillata*) foram introduzidos pelo homem na região de ocorrência geográfica do sagui-da-serra-escuro (*Callithryx aurita*), espécie endêmica e ameaçada, que habita as matas úmidas dos estados de Minas Gerais, Rio de Janeiro e São Paulo. Caso, de fato, ocorram alterações na estrutura e composição florística da vegetação do ERJ nos moldes apontados pelos estudos de Nobre *et al.* (2008) (ver item 3.2), em que as florestas úmidas perdem espaço para florestas estacionais, *C. jacchus* e *C. penicillata* poderão ser favorecidos no longo prazo em relação a *C. aurita*. Os danos às populações de *C. aurita* poderão ser ainda maiores, caso a espécie seja infestada pelos parasitas dos símios invasores (Pereira, 2006).

### **Ecosistemas aquáticos**

Os ecossistemas aquáticos continentais podem sofrer perdas de volume em função de sucessivos períodos de déficits hídricos, em cenários climáticos de redução progressiva da precipitação. Cumulativamente, a redução da vazão da malha hídrica ocorreria tanto pela retração de área de vegetação nativa, no longo prazo, quanto pelos efeitos deletérios de eventos hidrometeorológicos extremos, que geram escorregamentos de terra em larga escala, arrasando grandes extensões de florestas, conforme observado no mês de janeiro de 2011, na região serrana do ERJ.

A qualidade da água pode, também, ser afetada negativamente, em função dos processos erosivos a montante, que determinariam alterações na quantidade e qualidade da matéria orgânica que aporta a esses ecossistemas, interferindo na biomassa total, na produtividade e composição de espécies, ocasionando rupturas nas teias tróficas.

Com relação à fauna das cabeceiras de rios da serra dos Órgãos, pouco se conhece sob os mais variados aspectos de sua composição taxonômica e biologia geral. Há espécies de peixes apenas recentemente descritas (e.g., Lazzarotto *et al.*, 2007) e já ameaçadas de extinção, que habitam o alto curso de rios (acima de 600 m), como o Macaé. As condições de regime hídrico e temperatura da

água, por serem muito específicas, entretanto, são suscetíveis à alterações climáticas e fenômenos hidrometeorológicos mais intensos e frequentes.

Algumas espécies de peixes continentais endêmicos da bacia drenante a Baía de Guanabara podem ser particularmente prejudicadas por alterações em seus habitats, como é o caso dos peixes-das-nuvens (gênero *Leptolebias*). Das nove espécies do gênero, sete estão presentes na região, sendo notórios habitantes de brejos sazonais das restingas do município de Maricá e das florestas densas do médio curso de pequenos rios que descem da região serrana. São típicos de águas rasas (10 a 40 cm de profundidade), escuras e ácidas (pH variando entre 3.5 e 6.0) e que secam periodicamente, às vezes duas vezes por ano, usualmente entre fevereiro e março e agosto e setembro (Costa, 2003; 2008). Devido a drásticas alterações antrópicas no ambiente natural onde são encontrados e por outros tipos de ameaças, duas espécies de *Leptolebias* podem já estar extintas, ao passo que as demais se encontram altamente ameaçadas de extinção (Costa, 2008).

O grupo *Leptolebias*, portanto, é ao extremo vulnerável a mudanças drásticas no regime hídrico de pequenos rios e brejos, que possam se manifestar no longo prazo, e por fenômenos hidrometeorológicos extremos, já no curto prazo. Nesse contexto, as mudanças que vêm se manifestando no trabalho geomorfológico das bacias hidrográficas da região serrana central do ERJ podem estar afetando negativamente a biodiversidade, sobretudo de água doce, de áreas situadas a jusante, nas baixadas litorâneas.

### **O modelo CPTEC-PVM**

Nobre *et al.* (2008), em caráter pioneiro, analisaram a distribuição geográfica potencial das principais unidades fitogeográficas do ERJ com relação ao clima futuro, com base em modelos biogeográficos. Os estudos partiram do princípio de que o clima exerce um controle dominante sobre a distribuição da vegetação, de modo que é possível simular a vegetação potencial pela manipulação de variáveis climáticas<sup>6</sup>.

De acordo com os resultados obtidos, foi constatado que, no final do presente século, o clima da Região das Baixadas Litorâneas será compatível para com uma vegetação de “savana”. Savanas, também, ocuparão a porção norte do ERJ, substituindo a fragmentada floresta estacional, ainda hoje presente na região.

---

<sup>6</sup> O modelo de vegetação potencial CPTEC-PVM desenvolvido por Oyama e Nobre (2004) utiliza como variáveis de entrada o tempo térmico acumulado ( $G$ , em °C dia/mês,  $G_0$ : temperatura basal de 0°C,  $G_5$ : temperatura basal de 5°C), a temperatura do mês mais frio ( $T_c$ , em °C), um índice hídrico ( $H$ , que permite diferenciar entre climas úmidos e secos) e um índice de seca ( $D$ , que representa a sazonalidade da umidade do solo). O modelo foi capaz de representar a distribuição global dos diferentes biomas da América do Sul, em escala regional de 50 km, levando em consideração simulações do clima presente e futuro para os cenários A2, B1 e B2.

Nas regiões Centro-Sul e Médio Paraíba, a floresta ombrófila, por seu turno, cederia espaço para uma vegetação com perfil estacional. Com relação às regiões Serrana e Noroeste, os modelos não foram consensuais.

As projeções climáticas de Nobre *et al.* (2008) apontam aumento generalizado da temperatura e redução da pluviosidade na RMRJ, o que é compatível com as anomalias climáticas projetadas para o período 2011-2040 do cenário A1FI, do Modelo Eta-CPTEC. Nesse contexto, as anomalias de temperatura deverão variar entre 1.39 °C (Belford Roxo) e 2,13 °C (Duque de Caxias), ao passo que as anomalias de precipitação deverão variar de -75.99 mm (Mangaratiba) a -108.98 mm (Niterói) (Figuras 5 e 6).

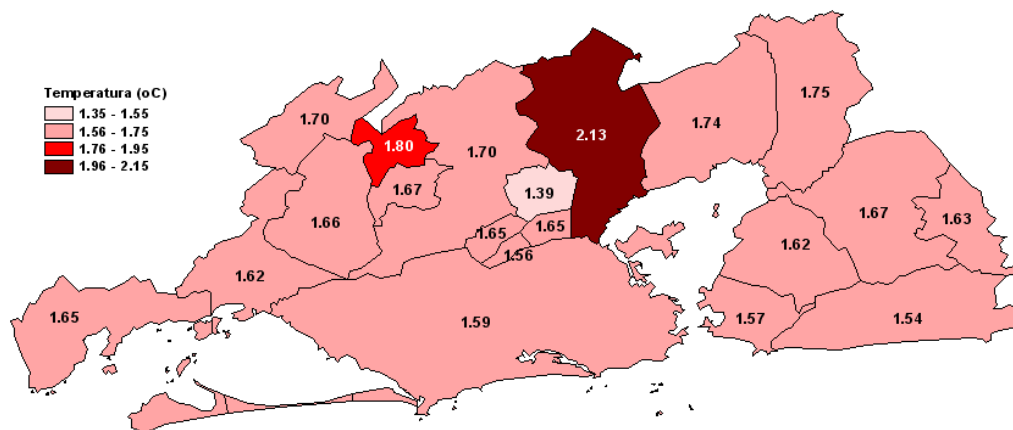


Figura 5 – Anomalias de temperatura (°C) projetadas para o período 2011-2040, em relação ao período 1961-1990 (Cenário A1FI, Modelo Eta-CPTEC). Fonte: Elaboração própria, com base em dados do Eta-CPTEC.

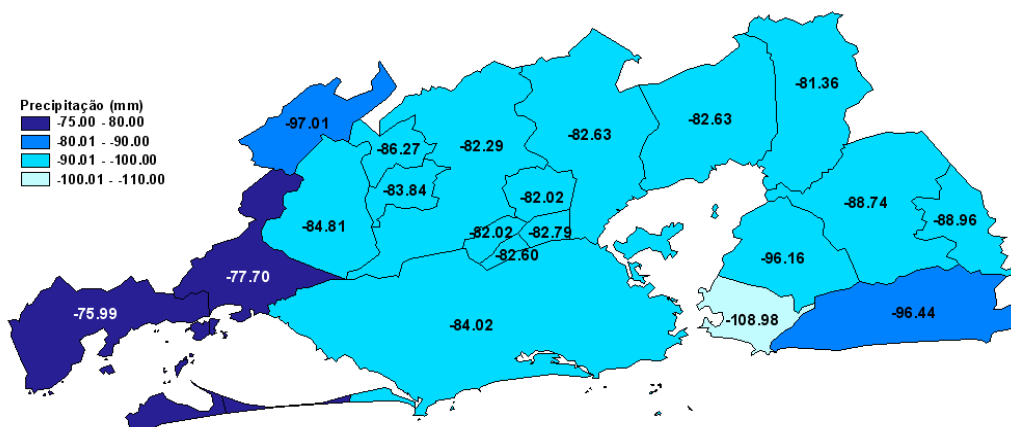


Figura 6:- Anomalias de precipitação (mm) projetadas para o período 2011-2040, em relação ao período 1961-1990 (Cenário A1FI, Modelo Eta-CPTEC) . Fonte: Elaboração própria, com base em dados do Eta-CPTEC.

Nobre *et al.* (2008) atestam que é possível prever alterações na abundância e distribuição de determinadas plantas, cuja plasticidade fisiológica permite que colonizem ambientes relativamente diversos daqueles onde ocorrem comumente. Os autores citam as bromélias *Aechmea nudicaulis* e *Nidularium procerum*, as quais alcançam maior abundância como plantas terrestres em restingas e pântanos, respectivamente, quando comparadas às populações epífitas de matas. Da mesma forma, *Fernseea itatiaiae*, que é uma bromélia endêmica de matas de neblina, típica dos afloramentos rochosos presentes acima de 2.000 m de altitude (especialmente na serra de Itatiaia), é menos abundante nas matas em que se comporta como epífita. Em condições extremas de clima que favoreçam o espraio das matas mais secas, conforme foi previsto de ocorrer em partes do ERJ, *A. nudicaulis* e *N. procerum* adquiririam maior oportunidade de dispersão, ao contrário do que poderia ocorrer com *F. itatiaiae*, cuja população se retrairia, em função da extinção das condições de clima que hoje prevalecem nos campos de altitude, caracterizadas pelo alto teor de umidade do ar e temperaturas mais amenas.

As implicações dos resultados iniciais obtidos com o modelo CPTEC-PVM com relação à vegetação potencial futura do Rio de Janeiro, até o final do presente século, são claramente perturbadoras. Muito embora a resolução espacial do modelo não permita esboçar alterações na vegetação com a precisão necessária para avaliar as reais conseqüências na biodiversidade, as mudanças apontadas com relação à distribuição das duas principais fitofisionomias — as florestas ombrófila e estacional — apontam para o potencial recrudescimento quali-quantitativo do universo de espécies da fauna e flora no ERJ.

### **Sinergias do uso do solo e mudanças climáticas**

A Floresta Ombrófila Densa reduziu-se a uma coleção de fragmentos pulverizados no espaço, com graus variados de conservação e concentrada em terrenos mais íngremes. Atualmente, remanescentes com mais de 100 hectares correspondem apenas a 0,4% dos fragmentos associados à classe *vegetação secundária*, 3,3% à classe *floresta*, 11,9% à classe *manguezal* e 16,2% à classe *restinga*. Levando-se em consideração todas as classes de vegetação, apenas 2,3% dos fragmentos possuem área superior a 100 hectares (**Figura 7**).

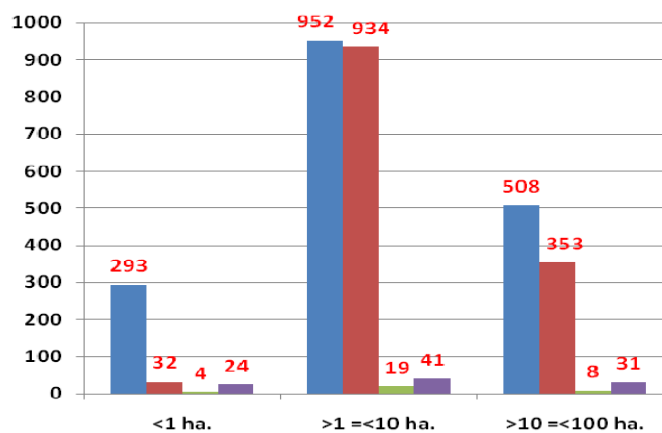


Figura 7 - Estado atual da fragmentação da vegetação nativa na RMRJ.  
Fonte: Dados do ZEE/RJ

Na prática, a fragmentação dos ambientes naturais representa um dos principais vetores de extinção de espécies, redução ou perda de capacidade de suporte e serviços ambientais<sup>7</sup>. Trata-se, igualmente, de um processo indutor de aumento do número de espécies plantas invasoras e lianas (cipós) e da frequência de queda de árvores de grande porte, que são especialmente suscetíveis à deslizamentos e perturbações pelo vento, particularmente em terrenos inclinados, com solos lixiviados e pouco profundos (Barboza, 2009).

Combinados com a fragmentação da vegetação nativa, eventos meteorológicos extremos podem causar danos irreparáveis aos ecossistemas, na proporção da quantidade e intensidade das entradas de energia nas bacias hidrográficas, as quais interferem no comportamento hidráulico e mecânico dos solos (Fernandes *et al.*, 2006). Onde os valores de escoamento superficial são mais intensos e a fragmentação mais extensa, os deslizamentos são mais frequentes, o que representa perda efetiva de área de vida para a fauna e flora.

Por outro lado, cicatrizes erosivas no manto florestal das encostas potencializam o efeito de borda, sujeitando a vegetação adjacente a novos parâmetros micro-climáticos (e.g., aumento da insolação, da temperatura e dos ventos e redução da umidade do ar). Além disso, rupturas mal “cicatrizadas” podem ser indutoras de novos processos de deslizamento de massa, potencializando a

<sup>7</sup> Os processos que afetam a dinâmica, tamanho, forma e grau de isolamento dos fragmentos florestais têm fortes raízes na transformação antrópica da paisagem, seja por eventos diretos (e.g., queimadas, abertura de estradas, ocupação irregular de áreas de risco, expansão da malha urbana e da agricultura, formação de lagos artificiais e represamento de cursos d’água) ou difusos (e.g., distribuição espacial da pluviosidade, poluição) (Viana *et al.*, 1992).

perda de habitats, ao longo de décadas, conforme registraram Cruz *et al.*, (1998), os quais ressaltam que alguns dos grandes deslizamentos ocorridos em 1996, no maciço da Tijuca, na Cidade do Rio de Janeiro, manifestaram-se em áreas adjacentes a clareiras originadas das chuvas intensas de 1988. Décadas, então, podem transcorrer sem que tais clareiras recuperem as funções ecológicas, hidrológicas e mecânicas básicas (Coelho Neto *et al.*, 2007).

### Proteção da biodiversidade por unidades de conservação – implicações no longo prazo

O reconhecimento da importância estratégica de áreas com excepcional valor para a conservação da biodiversidade na RMRJ foi ratificada pelo Ministério do Meio Ambiente com a delimitação de territórios considerados como de “muito alta” e “extremamente alta” prioridade para a conservação da biodiversidade e uso sustentável dos recursos naturais (MMA, 2002).

As áreas de muito alta prioridade abrangem a periferia da Baía da Guanabara e os remanescentes de vegetação de restinga dos municípios do Rio de Janeiro, Itaguaí e Mangaratiba, ao passo que as áreas de extremamente alta prioridade incluem os contrafortes da serra dos Órgãos, os maciços litorâneos da cidade do Rio de Janeiro e áreas de florestas remanescentes de Niterói a Tanguá e Maricá (**Fig. 8**).

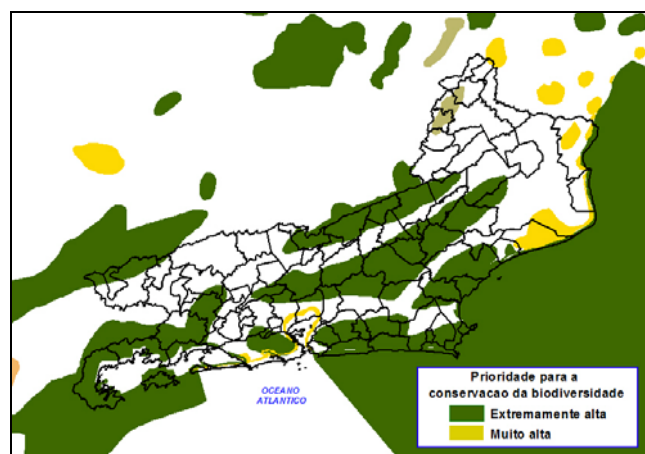


Figura 8 - Áreas prioritárias para a conservação da biodiversidade e uso sustentável dos recursos naturais no Estado do Rio de Janeiro  
Fonte: MMA (2002)

Sobre a disponibilidade de áreas para a conservação da biodiversidade no ERJ, Santos *et al.* (2009) concluíram que somente Magé demonstrou possuir estoques acima de 50% do território municipal, sendo que, no outro extremo da escala, situam-se Itaboraí e municípios da Baixada Fluminense (Belford Roxo, São João de Meriti, Seropédica, Queimados e Japeri) (**Figura 9**).

Adicionalmente, levando-se em consideração a pressão antrópica, os autores concluíram que o índice de vulnerabilidade dos estoques municipais é baixo, para o município do Rio de Janeiro, e

médio, para Magé, Niterói e São João de Meriti. Para os demais, o índice variou de alto a extremamente alto, como no caso de Seropédica e Belford Roxo (**Figura 10**).

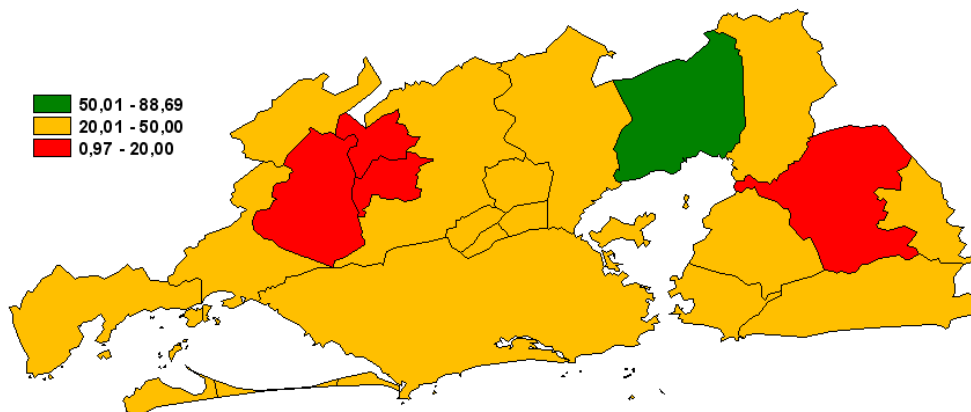


Figura 9: Estoques de áreas para a conservação e preservação nos municípios da RMRJ Fonte: Modificado de Santos et al. (2009)

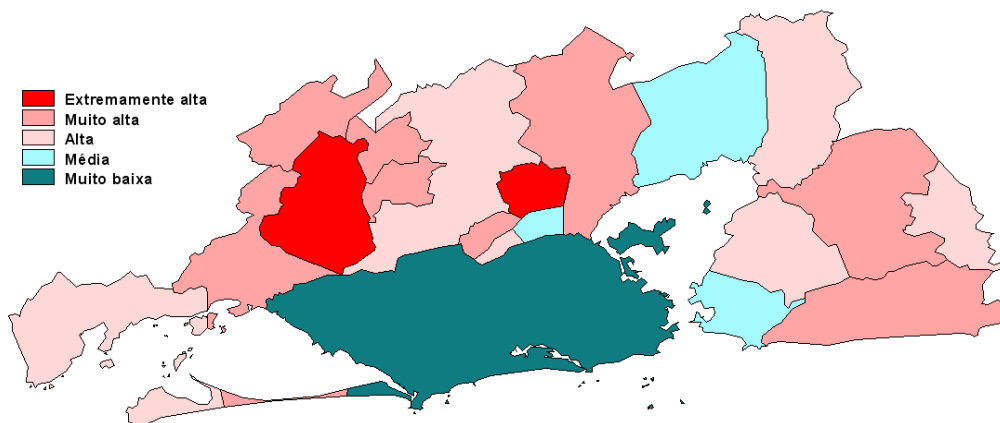


Figura 10 – Índice de vulnerabilidade dos estoques municipais face à pressão antrópica Fonte: Modificado de Santos et al. (2009)

O conjunto de estoques de áreas para a conservação e preservação da biodiversidade encontra-se relativamente bem resguardado por uma expressiva rede de unidades de conservação de uso sustentável e proteção integral.

Em função da proximidade física, sobreposição de territórios e/ou de objetivos de conservação comuns, 22 destas unidades de conservação formam o Mosaico da Mata Atlântica Central Fluminense (MMACF) (Portaria MMA nº 350/06) (**Tabela 1**). Situado entre as coordenadas geográficas 22°11'57" S e 42°31'01" O e 22°53'25" S e 43°41'36", o MMACF espalha-se desde as serranias de Tinguá, até Macaé de Cima, interceptando, desta forma, importantes setores da serra dos Órgãos e a porção leste da Baía de Guanabara, o que resulta em cerca de 530 mil hectares de 13 municípios oficialmente protegidos (Lino & Albuquerque, 2007).



**Tabela 1 - Unidades de Conservação que integram o Mosaico da Mata Atlântica Central Fluminense**

ÓRGÃO GESTOR	CATEGORIA	UNIDADE DE CONSERVAÇÃO
<b>IBAMA</b>	Parque Nacional	PARNA da Serra dos Órgãos
	Reserva Biológica	REBIO do Tinguá
	Estação Ecológica	EE da Guanabara
	Área de Proteção Ambiental	APA de Guapimirim
		APA de Petrópolis
Estação Ecológica	EE do Paraíso	
<b>INEA</b>	Área de Proteção Ambiental	APA da Bacia do Rio dos Frades
		APA da Floresta do Jacarandá
		APA da Bacia do Rio Macacu
		APA de Macaé de Cima
	Parque Estadual	PE dos Três Picos
Reserva Biológica	REBIO de Araras	
<b>SMMA Guapimirim</b>	Área de Proteção Ambiental	APA de Guapiaçu
<b>SMMA D. de Caxias</b>	Parque Natural Municipal	PNM da Taquara
<b>SMMA S. J. do Vale do Rio Preto</b>	Parque Natural Municipal	PNM da Araponga
	Monumento Natural	MN da Pedra das Flores
	Estação Ecológica	EE Monte das Flores
	Área de Proteção Ambiental	APA Maravilha
<b>Gestão privada</b>	Reserva do Patrimônio do Particular Natural	RPPN CEC/Tinguá
		RPPN El Nagual
		Querência
		Graziela Maciel Barroso

*Fonte: Elaboração própria*

No conjunto, a RMRJ possui cerca de 110 unidades de conservação municipais, além de outras 20 unidades, entre estaduais e federais, sendo 11 de uso sustentável e nove de proteção integral. As unidades de conservação municipais totalizam cerca de 70 mil hectares e as demais, 140 mil

hectares, aproximadamente. De forma complementar, 8 Reservas Naturais do Patrimônio Particular (RPPN) perfazem 175 hectares (dados atualizados por Costa *et al.*, 2009) (Figura 11).

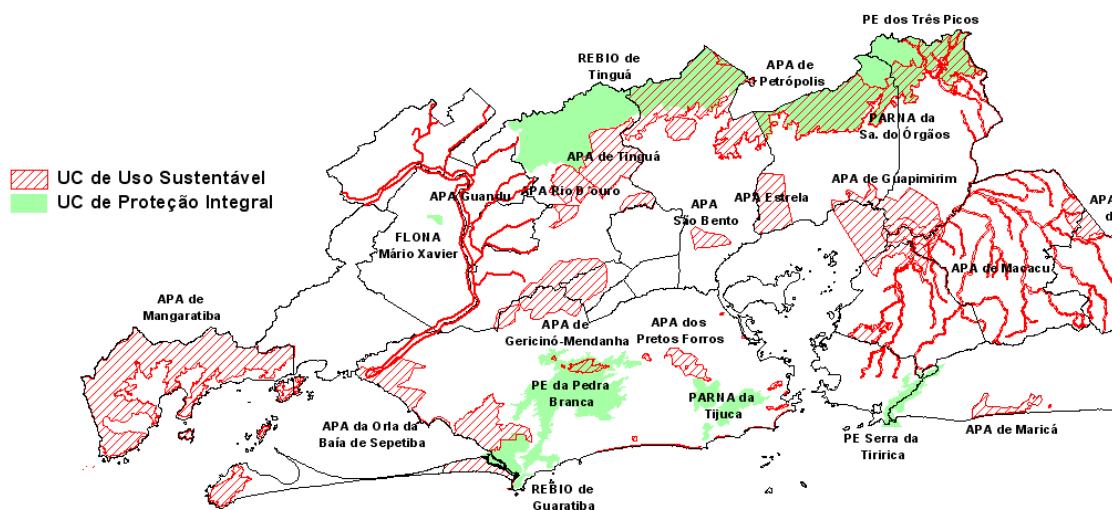


Figura 11: Principais unidades de conservação da Região Metropolitana do Rio de Janeiro.  
Fonte: Elaboração própria.

Há de se ressaltar, porém, que as unidades de conservação regionais apresentam deficiências crônicas com relação a mecanismos básicos de gestão ambiental. Contata-se, amiúde, a ausência de planos de manejo, conselhos gestores ou mesmo falta de legalização e implementação integral. Há planos de gestão elaborados, porém inoperantes, pela escassez ou inexistência de recursos humanos, técnicos e financeiros, sendo que outros são deficientes em vários aspectos, desatualizados ou se encontram em processo de atualização. Ademais, as áreas oficialmente protegidas operam na ausência de metas de conservação e com serviços de fiscalização falhos ou inexistentes.

Uzêda *et al.* (2008) avaliaram o desempenho ambiental do ERJ com base no Índice de Governança dos Municípios, que leva em consideração o efetivo de pessoal ocupado na área de meio ambiente, estágio de implementação da Agenda 21, existência de Plano Diretor municipal que aborda questões ambientais e de Conselho Municipal de Meio Ambiente, bem como da participação do município em consórcios intermunicipais, em Comitês de Bacias Hidrográficas e demais formas de associação na área ambiental. Como resultado, constataram que somente Niterói, Duque de Caxias e Guapimirim atingiram Índice de Governança pleno (= 10, numa escala de 1 a 10), ao passo que Mangaratiba, Seropédica, Japeri e Maricá obtiveram índice razoável (entre 6 e 7). Os demais municípios obtiveram índices que os situam numa posição apenas satisfatória (variando de 8 a 9) (Figura 12).

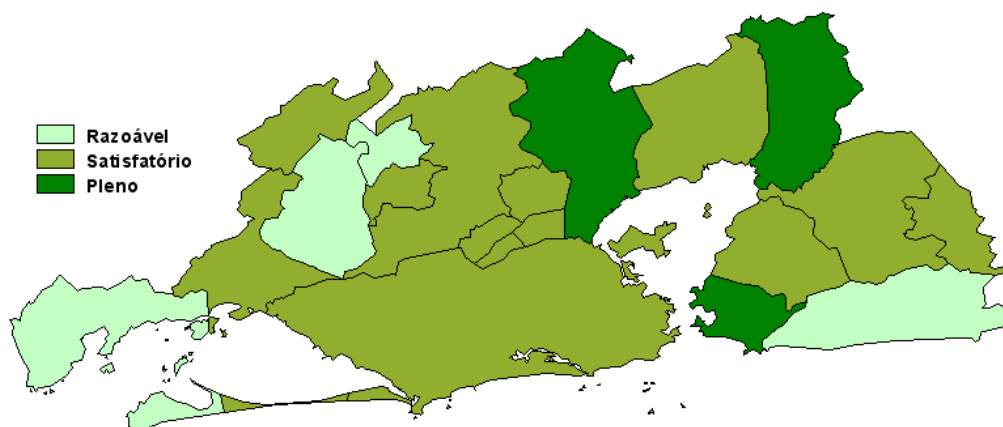


Figura 12 – Índice de Governança Ambiental dos Municípios da RMR. Fonte: Modificado de Uzêda et al. (2009)

Sobre os critérios de seleção para a definição das áreas prioritárias para a conservação da biodiversidade e criação de unidades de conservação, Canhos *et al.* (2005) ressaltam que não são considerados cenários futuros de impacto e vulnerabilidade à mudanças climáticas. Atualmente, a ênfase recai na proteção de áreas insubstituíveis e sob elevado grau de ameaça antrópica e/ou onde ocorra um número representativo de espécies endêmicas, raras e/ou ameaçadas. Também, critérios políticos, socioeconômicos e/ou estéticos pontuam a criação de áreas oficiais de proteção da biodiversidade (Marini *et al.*, 2009 b).

Portanto, face aos desafios impostos à conservação da biodiversidade pelas mudanças climáticas, é imperativo que se considere, doravante, a distribuição potencial futura da flora e fauna e as projetadas formas de uso e ocupação do solo. Esse ponto de vista é partilhado por Marini *et al.* (2009 b; 2010 a) e Diniz-Filho *et al.* (2008), que vêm analisando os impactos das mudanças climáticas nos padrões de deslocamentos sazonais atuais e futuros (projetados) e distribuição de espécies de aves do Cerrado, cujos resultados preliminares evidenciaram incongruências em relação à distribuição potencial futura de espécies ameaçadas de extinção e a atual rede de unidades de conservação.

Para a área de estudo, não há, até o presente momento, trabalhos que avaliem o grau de congruência da rede de unidades de conservação com as futuras necessidades de proteção da fauna e flora regional.

Com relação às necessidades atuais, as unidades de conservação afiguram ser, em seu conjunto, satisfatórias do ponto de vista da manutenção dos mais estratégicos e expressivos ecossistemas (incluindo as matas ombrófilas da serra dos Órgãos, restingas e manguezais). As áreas de menor declive (baixadas), no entanto, há muito intensamente alteradas para fins de produção agropecuária e uso urbano-industrial, carecem de unidades de conservação de proteção integral, sendo que as poucas unidades de uso sustentável presentes não possuem nível pleno de implementação (Uzêda *et al.*, 2009).

Dessa forma, há um hiato de proteção da biodiversidade nas áreas outrora ocupadas por matas de terras baixas e baixo-montanas, caracterizando uma descontinuidade espacial entre as unidades de conservação da região serrana e dos maciços costeiros dos municípios de Maricá, Niterói e Rio de Janeiro, bem como dos manguezais remanescentes do recôncavo da Baía de Guanabara e áreas de restinga.

Desde o ponto de vista de abrangência espacial, a atual rede de unidades de conservação não contempla, portanto, áreas de proteção integral que possam conectar os remanescentes de vegetação das baixadas às cadeias de montanhas, ao norte. Em se considerando projeções climáticas futuras, espécies da flora e fauna que estariam aptas a se adaptar às novas condições climáticas, mas que dependam da conectividade física de remanescentes de vegetação nativa para se dispersarem/deslocarem, encontrariam barreiras físicas intransponíveis entre os maiores blocos de vegetação oficialmente protegidos.

Com relação à malha hídrica, as unidades de conservação resguardam, prioritariamente, as cabeceiras das bacias hidrográficas e, em casos particulares, a desembocadura dos rios na baía de Guanabara, o que demonstra haver deficiência na proteção do médio curso dos rios que drenam as áreas mais povoadas da RMRJ, e que, portanto, estão suscetíveis a elevados graus de pressão antrópica.

### **Discussão e conclusões**

A Comissão Nacional de Biodiversidade (CONABIO) reconhece como vulneráveis às mudanças climáticas alguns ecossistemas brasileiros, entre os quais figuram refúgios montanos (campos de altitude e brejos de altitude, entre outros), manguezais, restingas e ecossistemas em áreas de recarga de aquíferos e de nascentes de rios. Todos esses ecossistemas podem ser encontrados na RMRJ.

O Sumário para Tomadores de Decisão do Grupo de Trabalho II, da Quarta Avaliação do IPCC, também admite que a resiliência de muitos ecossistemas será ultrapassada neste século por uma combinação sem precedentes de mudança climática, distúrbios associados (inundações, secas, incêndios florestais, surtos de insetos, acidificação dos oceanos) e outros fatores de ordem global (mudanças no uso da terra, poluição), e que de 20 a 30% das espécies de plantas e animais, avaliadas até agora, enfrentarão um risco maior de extinção, se o aumento da temperatura média global aumentar entre 1,5 - 2,5 °C. Para aumentos de temperatura média que ultrapassem este intervalo, os cenários sinalizam grandes mudanças na estrutura e função dos ecossistemas (Ferrer, 2007).

Entretanto, há uma notória escassez de estudos sobre os efeitos das mudanças climáticas no ambiente natural, especialmente em biomas estruturalmente mais complexos e biodiversos, como é o caso da Mata Atlântica. Ademais, existe uma incerteza muito grande no que tange às predições dos efeitos das mudanças climáticas, ainda que, paradoxalmente, seja admitido que pequenas mudanças climáticas poderão resultar em consequências relativamente intensas (e negativas). Escassez de conhecimento e incertezas associadas aos modelos matemáticos impõem, conseqüentemente, restrições à implementação de ações efetivas para reduzir a taxa de extinção de espécies, ainda neste século.

Faz-se necessário, portanto, acumular um conjunto mínimo de dados e informações ao longo de décadas, de modo que seja edificado um grau de conhecimento minimamente robusto que permita vislumbrar as consequências das mudanças climáticas sobre a biodiversidade em nível local, regional e em grandes extensões territoriais.

Com referência ao ERJ, os prognósticos relacionados à distribuição da vegetação potencial futura, ao lado de eventos climáticos intensos e frequentes, que já se fazem presentes, apontam para um cenário prejudicial à conservação da biodiversidade, com perdas que podem ser irreversíveis para a flora e fauna, especialmente para populações restritas a habitats muito específicos e de reduzida representatividade espacial. Portanto, uma parte expressiva da biodiversidade pode ser perdida em função da acelerada perda de habitats, sem que as espécies consigam se adaptar às novas condições de clima.

Em sinergia com a pressão antrópica (uso do solo e fragmentação de habitats) e as mudanças climáticas, a precariedade material, técnica e humana das unidades de conservação não asseguram um futuro promissor à biodiversidade regional. Os hiatos entre os estratégicos remanescentes de vegetação nativa que, atualmente, já restringem deslocamentos altitudinais e latitudinais sazonais da fauna, no futuro representarão barreiras geográficas intransponíveis para espécies que poderiam efetuar deslocamentos/dispersão para se adaptarem a novas condições de clima. Premidas de sua área de vida ou de corredores de deslocamento/dispersão, espécies “criticamente ameaçadas” poderão ser extintas, ao passo que as “ameaçadas ou vulneráveis” tornar-se-ão muito mais raras, nas próximas décadas.

### **Termo de referência para ações futuras (estudos e monitoramento)**

Até o presente momento, a principal causa de redução da biodiversidade em nível mundial está relacionada à perda de habitats fomentada pela ação antrópica. Direta ou indiretamente, porém, o

advento das mudanças climáticas deverá exacerbar os efeitos da interferência humana sobre o meio ambiente natural.

Dessa forma, para que as ações de prevenção e adaptação possam ser efetivamente implementadas face aos novos cenários climáticos, é imperativo que o conhecimento científico a respeito dos impactos das mudanças climáticas sobre a biodiversidade seja, de imediato, ampliado. Na qualidade de *hot spot* mundial, a Mata Atlântica deve ser alvo prioritário destas ações, especialmente aplicáveis a regiões onde há grande biodiversidade sob intensa pressão antrópica.

Como são muitas as deficiências no conhecimento científico sobre os mais diversos aspectos da biodiversidade e processos ecológicos que regem o funcionamento do conjunto de ecossistemas regionais, deve ser estabelecida uma hierarquia de urgências, bem como metas ambientais e avaliação periódica da eficácia das ações de prevenção e adaptação.

Nesse sentido, as principais diretrizes para o monitoramento e avaliação dos efeitos das mudanças climáticas sobre a biodiversidade na RMRJ dizem respeito a:

***Aumento do conhecimento científico:***

- Implementar inventários botânicos e faunísticos de longa duração em áreas com conhecimento deficitário, e atualizá-los nas regiões onde o conhecimento é mais consistente, porém defasados;
- Identificar 100% das “espécies-lacuna”;
- Aumentar os esforços de coleta, caracterização e conservação *ex situ* de espécies endêmicas, raras e/ou ameaçadas de extinção de plantas e animais, tendo em vista a elaboração de:
  - Lista Oficial das Espécies Ameaçadas de Extinção por município;
  - Lista Estadual Oficial das Espécies Ameaçadas de Extinção;
  - Livro Vermelho das Espécies Ameaçadas de Extinção do Estado do Rio de Janeiro.
- Implementar estudos sobre a vulnerabilidade, resistência, resiliência e capacidade de adaptação de espécies e ecossistemas terrestres e aquáticos continentais a mudanças do clima, com base em critérios e indicadores que permitam o monitoramento de espécies, populações, comunidades e biomas;
- Estabelecer estudos sobre espécies exóticas invasoras com potencial de impactar a biodiversidade no longo prazo, à luz das mudanças climáticas;
- Desenvolver análises de modelagem preditiva e monitoramento da perda de biodiversidade com base em cenários futuros de clima, com especial ênfase para espécies endêmicas, raras e/ou ameaçadas de extinção;

- Criar e difundir amplamente uma infraestrutura compartilhada de dados regionais da biodiversidade, em articulação com iniciativas similares em nível nacional e mundial.

#### **Uso do solo e fortalecimento do SNUC:**

- Reavaliar, periodicamente, a quantidade e qualidade dos estoques de vegetação nativa para cada um dos municípios que integram a RMRJ, com ênfase na análise dos efeitos da fragmentação de habitats sobre a biodiversidade;
- Identificar regiões potencialmente adequadas para o estabelecimento de corredores de biodiversidade, tendo como referência: a) a vulnerabilidade ambiental dos fragmentos florestais; b) a conectividade dos corredores com unidades de conservação; e c) os efeitos das mudanças climáticas sobre os remanescentes de vegetação nativa e respectiva fauna, atentando para as necessidades de área futura das espécies;
- Identificar e mapear Áreas de Preservação Permanente (APP), ecossistemas potencialmente mais vulneráveis à pressão antrópica e a eventos climáticos extremos e habitats insubstituíveis passíveis de incorporação à rede de unidades de conservação existente;
- Articular o conhecimento adquirido sobre a influência das mudanças climáticas na biodiversidade às iniciativas governamentais relacionadas à redefinição das áreas prioritárias para a conservação da biodiversidade e criação de novas áreas oficialmente protegidas.

#### **Fortalecimento da governança regional**

- Avaliar, periodicamente, o desempenho da governança ambiental dos municípios, com ênfase na *performance* da gestão de unidades de conservação, através de índices de vulnerabilidade e metas ambientais pré-estabelecidos.

#### **Referencias bibliograficas**

ALVES, M.A.S., PACHECO, J.F., GONZAGA, L.A.P., CAVALCANTI, R.B., RAPOSO, M.A., YAMASHITA, C., MACIEL, N.C. & CASTANHEIRA, M. 2000. Aves. p. 113-124. In: BERGALLO, H.G., ROCHA, C.F.D., ALVES M.A.S. & VAN SLUYS, M. (orgs.) **A fauna ameaçada de extinção do Estado do Rio de Janeiro**. EdUERJ. Rio de Janeiro/RJ. 166 p.

ALVES, M.A. *et al.* 2009. Aves nos remanescentes florestais de Mata Atlântica e ecossistemas associados no Estado do Rio de Janeiro. p. 193 – 208. In: BERGALLO, H.G. *et al.* (org.). **Estratégias e ações para a conservação da biodiversidade no Estado do Rio de Janeiro**. Instituto Biomas. Rio de Janeiro/RJ. 344 p.

BARBOZA, J.M. 2009. Árvores emergentes modificam seu crescimento em terrenos inclinados? p. 1-4. In: **Ecologia da Mata Atlântica**. USP. São Paulo/SP.

- BENCKE, G.N.M., DVELEY, P.F. & GOERK, J.M. 2006. **Áreas importantes para a conservação de aves no Brasil. Parte 1. Estados do Domínio da Mata Atlântica.** SAVE Brasil. São Paulo. 494 p.
- BERGALLO, H.G. *et al.* (orgs.). 2009 a. **Estratégias e ações para a conservação da biodiversidade no Estado do Rio de Janeiro.** Instituto Biomas. Rio de Janeiro. 344 p.
- BERGALLO, H.G. *et al.* 2009 b. Mamíferos endêmicos e ameaçados do Estado do Rio de Janeiro: Diagnóstico e estratégias para a conservação. In: BERGALLO, H.G. *et al.* (org.). **Estratégias e ações para a conservação da biodiversidade no Estado do Rio de Janeiro.** Instituto Biomas. Rio de Janeiro/RJ. 344 p.
- BERTHOLD, P., MØLLER, A.P. & FIEDLER W. 2004. Preface. In: MØLLER, A., BERTHOLD, P. & FIEDLER, W. (eds.). **Birds and climate change.** Advances in Ecological Research 35. Elsevier Academic Press.
- BRASIL. 1983. **Projeto RADAMBRASIL. Levantamento de recursos naturais.** v. 32. Folhas SF 23/24 Rio de Janeiro/Vitória. Ministério das Minas e Energia. 775 p.
- BROWN, K.S. Jr. & FREITAS, A.V.L. 2000. Atlantic Forest butterflies: indicators for landscape conservation. **Biotropica** **32**: 934–956.
- BYERS, J.E. 2002. Impact of non-indigenous species on natives enhanced by anthropogenic alteration of selection regimes. **Oikos** **97**:449–458.
- CANHOS, V.P., SIQUEIRA, M.F. & CANHOS, D.A.L. s.d. **Mudanças climáticas globais: conseqüências para a biodiversidade.** CGEE. São Paulo/SP. p. 1-27.
- COELHO NETO, A.L., AVELAR, A.S., FERNANDES, M.C. & LACERDA, W.A. 2007. Landslide susceptibility in a mountainous geoecosystem. Tijuca Massif, Rio de Janeiro: the role of morphometric subdivision of the terrain. **Geomorphology** **87**: 120-131.
- COELHO, V.B.M. 2007. **Baía da Guanabara: uma historia de agressão ambiental.** Casa da Palavra. Rio de Janeiro. 278 p.
- COLOMBO, A.F. 2007. **Conseqüências das mudanças climáticas globais para as espécies arbóreas da Mata Atlântica.** Dissertação de Mestrado. Instituto de Biologia/UNICAMP. Campinas/SP.
- COLOMBO, A.F. & JOLY, C.A. 2009. Atlantic Forest: the most ancient Brazilian forest, and a biodiversity hotspot, is highly threatened by climate change. In: **Impacts of Global Change on Tropical Ecosystems: cross cutting the abiotic, biotic and human spheres.** Joint Conference Association for Tropical Biology Conservation/ATBC & Society for Tropical Ecology/GTOE. Marburg.



- COSTA *et al.* 2009. Região urbano-industrial. p. 327-338. In: BERGALLO, H.G. *et al.* (orgs.). 2009. **Estratégias e ações para a conservação da biodiversidade no Estado do Rio de Janeiro**. Instituto Biomas. Rio de Janeiro/RJ. 344 p.
- COSTA, W.J.E.M. 2003. Family Rivulidae (South American annual fishes). p. 526–548. In: REIS, R.E., KULLANDER, S.O., FERRARIS, C.J.Jr. (eds.). **Check list of the freshwater fishes of South and Central America**. Edipucrs. Porto Alegre/RS.
- COSTA, W.J.E.M. 2008. Monophyly and taxonomy of the Neotropical seasonal killifish genus *Leptolebias* (Teleostei: Aplocheiloidei: Rivulidae), with the description of a new genus. **Zoological Journal of the Linnean Society** **153**: 147-160.
- COSTA L.P., LEITE Y.L.R., FONSECA G.A.B. & FONSECA M.T. 2000. Biogeography of South American forest mammals: endemism and diversity in the Atlantic Forest. **Biotropica** **32**: 872–881.
- CROWLEY, T.J. 2000. Causes of climate change over the past 1000 years. **Science** **289**: 270–277.
- CRUZ, E.S., VILELA, C.S., AZEREDO, M. & COLEHO NETO, A.L. 1988. Influência da geomorfologia e da vegetação na regeneração de cicatrizes de erosão: maciço da Tijuca/RJ. p. 359-364. In: **Resumos**. Simpósio Nacional de Geomorfologia. Florianópolis/SC.
- DINIZ-FILHO, J.A.F., BINI, L.M., PINTO, M.P., TERRIBILE, L.C., OLIVEIRA, G., VIEIRA, C.M., BLAMIRE, D., BARRETO, B.S., CARVALHO, P., RANGEL, T.F.L.V.B., TÔRRES, N.M., BASTOS, R.P. 2008. Conservation planning: a macroecological approach using the endemic terrestrial vertebrates of the Brazilian Cerrado. **Oryx** **42**: 567-577
- FERNANDES, M.C., AVELAR, A.S. & COLEHO NETTO, A.L. 2006. Domínios geo-hidroecológicos do maciço da Tijuca, RJ: Subsídios ao entendimento dos processos hidrológicos e erosivos. **Anuário Instituto Geociências UFRJ** **29** (2): 122-148.
- FERRER, J.T.V. 2007. Mudanças do clima 2007: Impactos, adaptação e vulnerabilidade. **Revista de Gestão Integrada em Saúde do Trabalho e Meio Ambiente** **2** (5): 1-9.
- GIOVANELLI, J.G.R., ARAUJO, C.O., HADDAD, C.F.B. & ALEXANDRINO, J. 2008. Modelagem do nicho ecológico de *Phyllomedusa ayeaye* (Anura: Hylidae): previsão de novas áreas de ocorrência para uma espécie rara. **Neotropical Biology and Conservation** **3** (2): 59-65.
- HILBERT, D.W., OSTENDORF, B. & HOPKINS, M., 2002. Sensitivity of tropical forests to climate change in the humid tropics of north Queensland. **Aust. Ecol.** **26**: 590–603.

- IVERSON, L.R., PRASAD, A. & SCHWARTZ, M.W. 1999. Modeling potential future individual tree species distributions in the eastern United States under a climate change scenario: a case study with *Pinus virginiana*. **Ecol. Model.** **115**: 77–93.
- JUILLIARD, R., JIGUET, F. & COUVET, D. 2009. Evidence for the impact of global warming on the long-term population dynamics of common birds. **Proc. R. Soc. Lond. B.** **2004** (271): S490-S492.
- KURTZ, B.C. & ARAÚJO, D.S.D. 2000. Composição florística e estrutura do componente arbóreo de um trecho de Mata Atlântica na Estação Ecológica Estadual do Paraíso, Cachoeiras de Macacu, Rio de Janeiro, Brasil. **Rodriguesia** **51** (78/79): 69-111.
- LAGOS, A.R. & MULLER, B.A.L. 2007. *Hotspot* brasileiro: Mata Atlântica. **Saúde e Ambiente em Revista** **2** (2): 35-45.
- LAURANCE, W.F., OLIVEIRA, A.A., LAURANCE, S.G., CONDIT, R., NASCIMENTO, H.E.M., SANCHEZ-THORIN, A.C., LOVEJOY, T.E., ANDRADE, A., D'ANGELO, S., RIBEIRO, J.E. & DICK, C.W. 2004. Pervasive alteration of tree communities in undisturbed Amazonian forests. **Nature** **428**: 171-175.
- LAZZAROTTO, H., BRITO, M.F.G. & CARAMASCHI, E.P. 2007. Threatened fishes of the world: *Pareiorhaphis garbei* (Ihering, 1911) (Ostariophysii: Loricariidae). **Environ. Biol. Fish** **78**: 91–92.
- LODGE, D.M. *et al.* 2006. Biological invasions: recommendations for U. S. policy and management. **Ecological Applications** **16**: 2035–2054.
- LINO, C.F. & ALBUQUERQUE, J.L. (orgs.). 2007. Mosaicos de unidades de conservação no corredor da Serra do Mar. **Cadernos da Reserva da Biosfera da Mata Atlântica (Série 1)** **32**: 1-96.
- MALCOLM, J.R. & MARKHAM, A. 2000. **Global warming and terrestrial biodiversity decline**. Gland, Switzerland. WWF. 34 p.
- MMA. 2002. **Avaliação e identificação de áreas e ações prioritárias para a conservação, utilização sustentável e repartição dos benefícios da biodiversidade nos biomas brasileiros**. Brasília/DF. 404 p.
- MARENGO, J.A. 2006. **Mudanças Climáticas Globais e seus Efeitos sobre a biodiversidade: caracterização do clima atual e definição das alterações climáticas para o território brasileiro ao longo do século XXI**. MMA. Brasília/DF. 212 p.
- MARINI, M.Â., BARBET-MASSIN, M., LOPES, L.E. & JIGUET, F. 2009 a. Predicted climate-driven bird distribution changes and forecasted conservation conflicts in a Neotropical savanna. **Conservation Biology** **23**: 1558–1567.
- MARINI, M.Â., BARBET-MASSIN, M., LOPES, L.E. & JIGUET, F. 2009 b. Major current and future gaps of Brazilian reserves to protect Neotropical savanna birds. **Biological Conservation** **142**: 3039–3050.

- MARINI, M.Â., BARBET-MASSIN, M., MARTINEZ, J., PRESTES, N.P. & JIGUET, F. 2010 a. Applying ecological niche models to plan conservation actions for the Red-spectacled Amazon (*Amazona pretrei*). **Biological Conservation** **143**: 102–112.
- MARINI, M.Â. *et al.* 2010 b. Predicting the occurrence of rare Brazilian birds with species distribution models. **Journal für Ornithologie**. *In press*.
- MCLAUGHLIN, J.F., HELLMANN, J.J., BOGGS, C.L. & ERLICH., P.R. 2002. Climate change hastens population extinctions. **Proc. Natl. Acad. Sci USA** **99**: 6070–6074.
- MILES, L., GRAINGER, A. & PHILLIPS, O. 2004. The impact of global climate change on tropical forest biodiversity in Amazoni. **Global Ecology and Biogeography** **13**: 553–565.
- MITTERMEIER, R.A., MYERS, N., GIL, P.R. & MITTERMEIER, C.G. 1999. **Hotspots: Earth's biologically richest and most endangered terrestrial ecoregions**. CEMEX/Conservation International. Mexico City. 430 p.
- MYERS, N., MITTERMEIER, R.A., MITTERMEIER, C.G., FONSECA, G.B. & KENTS, J. 2000. Biodiversity hotspots for conservation priorities. **Nature** **403**: 853-858.
- NOBRE, C.A., SALAZAR, L., VALERIANO, D., FIDALGO, E. & SCARANO, F.R. 2008. **Mudanças climáticas e possíveis alterações nos biomas da Mata Atlântica do Estado do Rio de Janeiro**. SEA. Rio de Janeiro. Não publicado. 63 p.
- ODUM, E.P. 1988. **Ecologia**. Guanabara. Rio de Janeiro/RJ. 434 p.
- OYAMA, M.D. & NOBRE, C.A. 2004. A simple potencial vegetation model for coupling with the Simple Biosphere Model (SIB). **Revista Brasileira de Meteorologia** **19** (2): 203-216.
- PARKER, I.M., *et al.* 1999. Impact: toward a framework for understanding the ecological effects of invaders. **Biological Invasions** **1**: 3-19.
- PEREIRA, D.G. 2006. **Interação entre espécies invasoras e espécies nativas: calitriquídeos no Parque Nacional da Serra dos Órgãos, RJ**. Dissertação de Mestrado. Programa de Pós-graduação em Ciências Ambientais. UFF. Niterói/RJ. 76 p.
- POUNDS, A.J., FOGDEN, M.P.L. & CAMPBELL, J.H. 1999. Biological response to climate change on a tropical mountain. **Nature** **398**: 611.
- ROCHA, C.F.D. 2000. Biogeografia de répteis de restingas: distribuição, ocorrência e endemismos. p. 99-116. In: ESTEVES, F.A. & LACERDA, L.D. (eds.). **Ecologia de restingas e lagoa**. NUPEM/UFRJ. Macaé e Rio de Janeiro/RJ.

ROCHA *et al.*, 2009. Répteis e sua conservação no Estado do Rio de Janeiro. p. 183-192. In: BERGALLO, H.G. *et al.* (orgs.). **Estratégias e ações para a conservação da biodiversidade no Estado do Rio de Janeiro**. Instituto Biomas. Rio de Janeiro/RJ. 344 p.

ROCHA, C.F.D., van SLUYS, M., BERGALLO, H.G. & ALVES, M.A.S. 2005. Endemic and threatened tetrapods in the restingas of the biodiversity corridors of Serra do Mar and of the central Mata Atlântica in eastern Brazil. **Braz. J. Biol.** **65** (1): 159-168.

ROCHA, C.F.D., BERGALLO, H.G., ALVES, M.A.S. & van SLUYS, M. 2003. **A Biodiversidade nos grandes remanescentes florestais do Estado do Rio de Janeiro e nas restingas da Mata Atlântica**. RIMA. São Carlos/SP. 160 p.

ROCHA, C.F.D., van SLUYS, M., ALVES, M.A.S. & BERGALLO, H.G. 2001. **Corredores de vegetação e sua importância em propostas de reflorestamento no Estado do Rio de Janeiro**. IQM-Verde. Fundação CIDE. Rio de Janeiro/RJ. CD-ROM.

ROCHA, C.F.D., BERGALLO, H.G., ALVES, M.A.S. & van SLUYS, M. 2009. Análise da distribuição da diversidade da fauna no Estado do Rio de Janeiro. p. 111-117. In: BERGALLO, H.G. *et al.* (orgs.). **Estratégias e ações para a conservação da biodiversidade no Estado do Rio de Janeiro**. Instituto Biomas. Rio de Janeiro. 344 p.

SCARANO *et al.* 2009. Conservação da flora do Estado do Rio de Janeiro: até onde a ciência pode ajudar? In: BERGALLO, H.G. *et al.* (orgs.). **Estratégias e ações para a conservação da biodiversidade no Estado do Rio de Janeiro**. Instituto Biomas. Rio de Janeiro/RJ. 344 p.

SILVA, J.M.C., SOUSA, M.C. & CASTELLETTI, C.H.M. 2004. Areas of endemism for passerine birds in the Atlantic Forest, South America. **Global Ecology and Biogeography** **13**: 85-92.

SILVA, D.B. 2009. **Fitossociologia do fragmento de Mata Atlântica da Fazenda Bela Vista em Nova Friburgo, RJ**. Instituto de florestas. Seropédica/RJ. 23 p.

SIQUEIRA, M.F. & PETERSON, A.T. 2003. Consequences of global climate change for geographic distributions of Cerrado tree species. **Biota Neotrop.** **3** (2): 1-14.

SIQUEIRA, M.F., DURIGAN, G., GOMES, P.B. & CANHOS, D.A.L. 2006. **The use of ecological niche modeling in the evaluation of priority areas for the conservation of the State of São Paulo's Cerrado considering global climate change**. FAPESP. São Paulo/SP.

SMAC. 2010. **Informações ambientais**. Disponível em: [www.rio.rj.gov.br](http://www.rio.rj.gov.br). Acessado em: Dezembro de 2010.

UZÊDA, M.C. *et al.*, 2008. Capacidade de resposta visando à conservação da biodiversidade no Estado do Rio de Janeiro. p.247-264. In: BERGALLO, H.G. *et al.* (orgs.). **Estratégias e ações para a conservação da biodiversidade no Estado do Rio de Janeiro**. Instituto Biomas. Rio de Janeiro/RJ. 344 p.

VAN SLUYS, M. *et al.* 2009. Anfíbios nos remanescentes florestais da Mata Atlântica. p. 175-182. In: BERGALLO, H.G. *et al.* (orgs.). **Estratégias e ações para a conservação da biodiversidade no Estado do Rio de Janeiro**. Instituto Biomas. Rio de Janeiro/RJ. 344 p.

VANZOLINI, P.E. 1988. Distributional patterns of South American lizards. p. 317-342. In: VANZOLINI P.E. & HEYER, W.R. (eds.). Workshop on Neotropical distribution. **Proceedings**. Academia Brasileira de Ciências. Rio de Janeiro/RJ.

VIANA, V.M., TABANEZ, A.A.J. & MARTINEZ, J.L.A. 1992. Restauração e manejo de fragmentos florestais. p. 400-407. In: II Congresso Nacional sobre Essências Nativas. **Resumos**. Instituto Florestal de São Paulo. São Paulo/SP.

VISSER, M.E., VAN NOODWIJK, A.J., TINBERGEN, J.M. & LESSELLS, C.M. 1998. Warmer springs lead to mistimed reproduction in great tits (*Parus major*). **Proc. R. Soc. Lond. B** **265**: 1867–1870.

WORMWORTH, J. & MOLLON, K. 2006. Bird **Species and climate change: The Global Status Report** Version 1.1. Disponível em: [www.climaterisk.com.au](http://www.climaterisk.com.au). Acessado em: Dezembro de 2010.