

Métricas da paisagem no estudo da vulnerabilidade da Mata Atlântica na região serrana fluminense – Nova Friburgo, RJ

Mayã Luíza Teles Garcia¹
Cristiane Nunes Francisco¹

¹Universidade Federal Fluminense – Departamento de Análise Geoambiental,
Campus Praia Vermelha – 24210-310 – Niterói – RJ, Brasil
mayaluiza@hotmail.com; crisnf@vm.uff.br

Abstract. Forest fragmentation is a natural process that increases with the intensification of human activities and affects the vulnerability of the ecosystem. In regards to this process, the Atlantic Forest stands out as one of the most affected biomes. The changes caused by fragmentation can be measured by landscape metrics, while using the software Fragstats 4.1. In this paper, landscape metrics were used to evaluate the vulnerability of the Atlantic Forest in Nova Friburgo County, located on mountainous region in Rio de Janeiro state. 521 forest patches of forest were mapped, corresponding to 56.2 thousand hectares; however 90% of the total patches have an area of less than 50 hectares that represent only 4% of the forest. About 50% of the county is covered by an only single patch of Atlantic Forest, while 10% of the remaining forests are extremely fragmented. In addition, if we only consider the core area and 30 meters as the distance from the edge, the forest area reduces by 20%, and the number of cores is 200% greater than the number of fragments. Thus, the results show the predominance of very small fragments and the sinuosity of the edges. Besides that, the largest fragment has about 650 cores, which demonstrates the high vulnerability even in large fragments. Finally, this study also indicates the importance to analyze the core area to evaluate the vulnerability of the fragments.

Palavras-chave: fragmentação, métricas da paisagem, fragmentation, landscape metrics.

1. Introdução

A fragmentação florestal é o processo no qual um habitat contínuo é dividido em manchas, ou fragmentos, mais ou menos isoladas (CERQUEIRA *et al.*, 2003). Este é um processo do ambiente que ocorre naturalmente, mas que tem sido intensificado pela ação humana nas últimas décadas, aumentando a vulnerabilidade dos ecossistemas. Um dos principais problemas gerados pela fragmentação é a perda de biodiversidade causada pela criação de habitats debilitados para um determinado número de espécies. As alterações ocorridas na qualidade dos habitats são causadas por condições inerentes ao processo de fragmentação e que podem ser medidas por métricas da paisagem, tal como o efeito da distância entre os fragmentos, ou o grau de isolamento; o tamanho e a forma do fragmento; o tipo de matriz circundante e o efeito de borda (CERQUEIRA *et al.*, 2003).

Um dos biomas que mais sofre com o processo de fragmentação florestal é a Mata Atlântica. Constituída por um mosaico de formações vegetais definidas como florestas ombrófilas densas, abertas e mistas, florestas estacionais decíduas e semidecíduas, campos de altitude, mangues e restingas, originalmente a Mata Atlântica abrangia uma área equivalente a 1,3 milhão km² e estendia-se ao longo de 17 estados brasileiros. É uma das áreas mais ricas em biodiversidade (mais de 20 mil espécies de plantas e mais de 2 mil de animais) e uma das mais ameaçadas do planeta. Atualmente, segundo a Fundação SOS Mata Atlântica (2012), restam apenas 7,9 % de remanescentes florestais acima de 100 hectares.

Em geral, os terrenos mais íngremes e elevados preservam a cobertura florestal. É o que podemos observar na região serrana do estado do Rio de Janeiro, onde estão localizados os remanescentes mais preservados da Mata Atlântica. Regiões como estas se tornam foco de interesse para conservação de ambientes naturais e da biodiversidade, sendo assim essencial a elaboração de mapas de uso e cobertura da terra para fornecer subsídios aos programas de monitoramento ambiental, preservação da biodiversidade, zoneamento ambiental e socioeconômico e ocupação racional do espaço físico (ARAÚJO FILHO *et al.* 2007).

Neste trabalho, com base no mapa de uso e cobertura da terra, os remanescentes dos fragmentos florestais do município de Nova Friburgo (RJ) foram caracterizados e analisados, com base em métricas da paisagem calculadas pelo software Fragstats 4.1. Este estudo objetivou, assim, avaliar a vulnerabilidade dos fragmentos florestais com base nas métricas da paisagem.

O município de Nova Friburgo, com extensão de 933 km² e população de 182 mil habitantes (IBGE, 2011a), está localizado na região serrana do estado fluminense, inserido na unidade geomorfológica denominada como Planalto Reverso da Região Serrana (DANTAS, 2001), caracterizada por relevo montanhoso a escarpado, com altitude variando entre 400 e 2.300 m. Os terrenos mais íngremes e elevados, devido à difícil acessibilidade, mantêm a cobertura florestal preservada, representando cerca de 70% do seu território (CIDE, 2003). Além da sua importância para a preservação dos remanescentes florestais, este estudo se mostra ainda mais necessário depois de janeiro de 2011, quando os altos índices pluviométricos, ocorridos em poucas horas na região serrana fluminense, desencadearam movimentos de massa e inundações, afetando fortemente a população e as atividades econômicas (DRM, 2011).

2. Metodologia de Trabalho

O mapa de uso e cobertura da terra de Nova Friburgo foi elaborado a partir da classificação automática baseada na análise de imagem geográfica baseada em objeto (Geographic Object-Based Image Analysis – GEOBIA) executada na plataforma Definiens Developer 7.04 por Francisco e Almeida (2012). De acordo com as autoras, o banco de dados foi composto por imagens orbitais e dados de relevo. As imagens foram obtidas em agosto de 2009 pelo sensor ALOS/AVNIR-2, com resolução espacial de 10 m, correspondendo a três bandas do visível e uma do infravermelho próximo, fusionadas com a imagem pancromática do sensor ALOS/PRISM, com resolução espacial de 2,5 m. Os dados de relevo foram obtidos do banco de dados geomorfométricos TOPODATA (VALERIANO, 2005), elaborado a partir do processamento dos dados SRTM (Shuttle Radar Topography Mission) disponibilizados pelo USGS (United States Geological Survey). Foram executadas diversas classificações, que visaram testar descritores com melhor desempenho na discriminação das classes, cujos índices Kappa ficaram próximos a 0.8.

Posteriormente, foi realizada a conferência visual da classificação de uso e cobertura da terra, com base, além das imagens ALOS, nas ortofotos do projeto RJ-25, geradas por levantamento aerofotogramétrico realizado em 2005, com resolução espacial de 0,7 m e escala aproximada de 1:30.000 (IBGE, 2011b), e também em trabalho de campo.

Terminada a etapa da conferência, o mapa de uso e cobertura da terra de Nova Friburgo foi convertido para o formato *raster*, com resolução espacial de 10m, para processamento no sistema *Fragstats* 4.1. Foram consideradas como fragmentos florestais as manchas correspondentes à classe vegetação arbórea-arbustiva. Foram calculados a quantidade, a área e a porcentagem de área dos fragmentos e dos seus respectivos núcleos, bem como os índices de forma dos fragmentos. A partir dos resultados foi feita uma análise da vulnerabilidade dos fragmentos florestais da área em estudo.

Os núcleos são definidos como a área dos fragmentos excluída da sua borda. Por sua vez, a borda é definida como a zona de contato entre um habitat natural e um antropizado, denominado como matriz. Este trabalho estabeleceu uma área de 30m no entorno do fragmento em direção ao centro como área de borda, baseado nos trabalhos de Kataoka-Silva (2006) e Barros (2006) realizados para região de Mata Atlântica.

Neste trabalho, foram calculados como índices de forma, a relação perímetro e a área e o índice *shape*, que corresponde à proporção entre $\frac{1}{4}$ do perímetro e a raiz quadrada da área. Quanto menor o valor, mais próximo de um círculo é a sua forma, ou seja, menor a extensão

da borda. Um fragmento com forma próxima a um círculo possui menor área de contato com a matriz e também menor sinuosidade da borda. Esta última característica permite a manutenção do núcleo – a área central do fragmento mais similar à vegetação original da região – maior e mais preservado, pois está mais distante da matriz (CERQUEIRA, 2003).

3. Resultados

3.1 Uso e Cobertura da Terra de Nova Friburgo

Com base no mapeamento de uso e cobertura da terra de Nova Friburgo (Figura 1), pode-se observar que a vegetação arbórea predomina, representando 60% do município, acompanhada da vegetação herbácea, correspondendo 32% da área de estudo. A área urbana corresponde a menos de 4% do município. As classes restantes somam cerca de 5% da área em estudo (Figura 2).

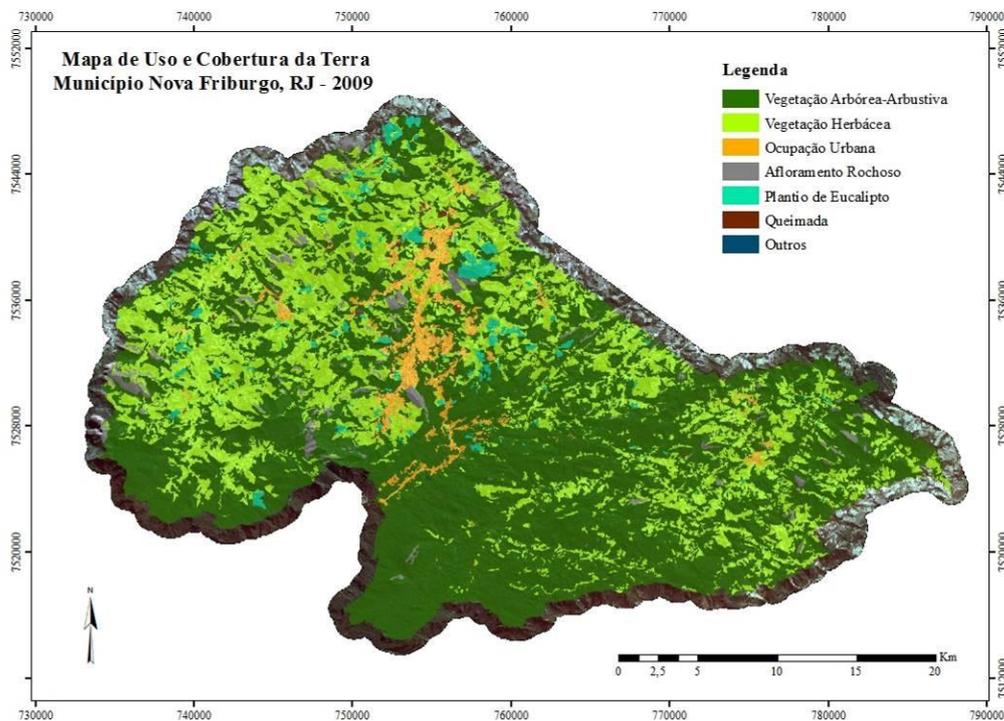


Figura 1: Mapa de uso e cobertura da terra do município de Nova Friburgo, 2009.

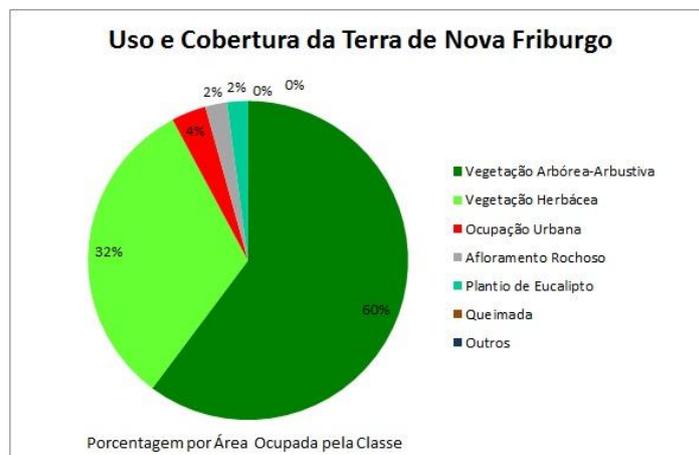


Figura 2: Área das classes de uso e cobertura da terra de Nova Friburgo, 2009.

No sul de Nova Friburgo, no reverso da Serra do Mar, está situada a porção de Mata Atlântica mais preservada do município, onde se encontram as maiores altitudes. Este trecho da escarpa, denominado como Serra dos Órgãos, mantém seu aspecto monolítico imponente, sendo que sua linha de cumeada sustenta altitudes de mais de 2.000m. Destaca-se, na região de Nova Friburgo, o Pico da Caledônia, com 2.319m, como o ponto mais elevado da Serra do Mar. Também neste município está localizado um dos trechos de Mata Atlântica mais preservados do estado fluminense, correspondente às nascentes do Rio Macaé.

A porção oeste do município corresponde ao cultivo de produtos hortigranjeiros e de fruticultura temperada (DANTAS, 2001). Nesta área predomina a vegetação herbácea, parte dela correspondendo aos cultivos, e a presença de grande fragmentação florestal, correspondendo, assim, a uma das áreas de Nova Friburgo mais alterada ambientalmente. Esta região também foi uma das que mais sofreu com chuvas torrenciais de janeiro de 2011, o que possivelmente aumentou da fragmentação da área, devido à ocorrência dos deslizamentos em áreas florestadas.

A leste, onde estão localizados os distritos de Lumiar e São Pedro da Serra, a região é ocupada predominantemente pela agricultura familiar, tendo destaque o cultivo de inhame e aipim. Apesar da atividade, ainda a vegetação se mantém relativamente preservada, com a presença de fragmentos de floresta maiores do que os encontrados nas porções norte e oeste do município.

A sede de Nova Friburgo está localizada na parte central do município instalada sobre o alvéolo intramontano do rio Bengalas. É no fundo deste vale que está o maior sítio urbano com cerca de 2 mil ha. A condição geomorfológica da área de estudo, somada ao aumento do potencial erosivo pela ocupação irregular de encostas e faixas marginais, fizeram com que a cidade fosse fortemente atingida por enchentes e deslizamentos nas chuvas em janeiro de 2011.

A classe de plantio de eucalipto ocupa uma pequena área do município, correspondendo a apenas 2%, todavia, ela é uma classe que chama atenção devido ao panorama de crescimento do cultivo para a produção de celulose. Espécie de crescimento acelerado, o eucalipto não é uma espécie nativa do Brasil, e está associado à perda de biodiversidade de ambientes naturais nos locais onde são cultivados. No município em estudo, plantio de eucalipto está concentrado nos arredores da área urbana.

4.2. Fragmentação florestal

De acordo com os resultados do Fragstats 4.1, no município de Nova Friburgo foram mapeados 521 fragmentos florestais, correspondendo a 56,2 mil ha. No entanto, 467 fragmentos, ou seja, 90% do total possuem área menor que 50 ha, correspondendo apenas 4% da área da classe. Por outro lado, um único fragmento ocupa mais do que 45 mil ha, representando 81% da classe. Apenas cinco fragmentos entre 500 e 1000 ha foram encontrados, ocupando 7% da classe. Os demais fragmentos (48), variando de 50 a 350 ha, representam 8% da área da classe vegetação arbórea-arbustiva (Figura 3).

Estes índices indicam que cerca de 50% do município está coberto por apenas um único fragmento de Mata Atlântica, enquanto os 10% restantes da vegetação arbórea encontram-se extremamente fragmentados (Tabela 1). Vale ressaltar que o maior fragmento, situado ao sul da área de estudo, estende-se para além do limite municipal, pertencendo ao maior remanescente de Mata Atlântica que cobre a Serra do Mar no estado fluminense. Quanto maior a área dos fragmentos, maior a possibilidade de conservação e manutenção da biodiversidade, pois as populações viáveis e os processos ecológicos podem se manter com maior eficiência (RAMBALDI et al., 2003). Conclui-se assim que, apesar de haver um grande fragmento florestal preservado, os demais apresentam alta vulnerabilidade. A implantação de corredores ecológicos tornaria os fragmentos florestais mais viáveis ecologicamente.

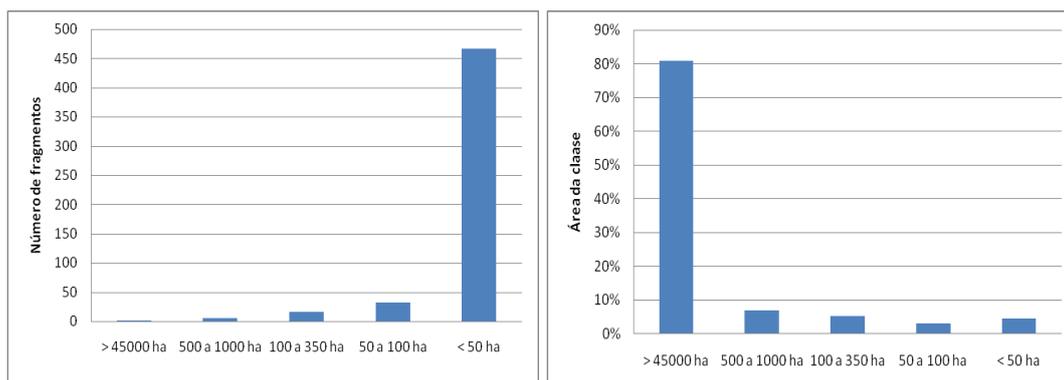


Figura 3: Distribuição dos fragmentos florestais por tamanho do município de Nova Friburgo.

Apesar de não ter um significado ecológico discutido na literatura, registra-se também a ocorrência de uma grande mancha de vegetação herbácea (Tabela 1). Este polígono situado na porção oeste do município, e que engloba a área de produção de hortigranjeiros, corresponde a cerca de 45% da classe, ou seja, 15% do município.

Tabela 1: Métricas da paisagem do município de Nova Friburgo, 2009.

Classe	Área (ha)	Área (%)	Maior polígono (%)
Vegetação Arbórea-Arbustiva	56.247	60,2	48,7
Vegetação Herbácea	29.876	31,9	14,9
Ocupação Urbana	3.212	3,4	1,8
Afloramento Rochoso	1.981	2,1	0,0
Plantio de Eucalipto	1.899	2,0	0,0
Queimada	175	0,0	0,0
Outros	28	0,0	0,0

O maior índice de forma obtido no trabalho, tanto utilizando a relação perímetro e área quanto o índice *shape*, correspondeu ao maior fragmento da área de estudo. No entanto, deve ser ressaltado que ele encontra-se cortado pelo limite municipal, logo os índices de forma não correspondem à área total deste fragmento, mesmo assim estes valores indicam que sua borda tem uma proporção pequena em relação a sua área dentro do município. Os resultados derivados dos dois índices não coincidem para o restante dos fragmentos.

Em relação aos núcleos dos fragmentos, verificou-se que, considerando apenas as áreas centrais dos fragmentos, há a redução de 20% da área total da classe, passando para 45,8 mil ha, e a diminuição do número de fragmentos, em torno de 100. Estes dados demonstram que cerca de 20% do número total de fragmentos são muito pequenos e com borda sinuosa, tornando-os muito vulneráveis. Assim, a área com vegetação menos alterada corresponde a apenas 50% do município.

Ao excluir a borda de 30m, o número núcleos calculado foi de 1557, ou seja, um valor 200% maior do que o número de fragmentos, o que ressalta a sinuosidade das bordas bem como a descontinuidade espacial dos fragmentos, demonstrando a sua alta vulnerabilidade. Deve-se ressaltar que apenas o maior fragmento sem a borda resultou na geração de 645 núcleos, representando a alta vulnerabilidade mesmo em grandes fragmentos.

4. Conclusões

O mapeamento de uso e cobertura da terra de Nova Friburgo demonstra que o município ainda possui área de vegetação arbórea significativa, se comparado a outros municípios fluminenses. Além disso, 48% da área municipal contém parte de um único e grande fragmento de floresta que ultrapassa os limites de Nova Friburgo, conectando-se a um fragmento maior que se estende ao longo da Serra do Mar em território fluminense. Contudo, a grande sinuosidade da borda e a presença de outras classes no interior deste fragmento demonstram sua alta vulnerabilidade, ainda que apresente extensão significativa, ou seja, mesmo fragmentos maiores sofrem influência de fatores externos prejudiciais à manutenção da biodiversidade e dos processos ecológicos naturais. Neste sentido, é importante destacar o cálculo das métricas com base nos núcleos para a análise da vulnerabilidade dos fragmentos.

Além disso, a presença de uma enorme quantidade de fragmentos pequenos isolados demonstra que ainda há muito que ser feito pela preservação da Mata Atlântica no município. Uma opção para aumentar o intercâmbio ecológico entre os médios e pequenos fragmentos, atualmente isolados, seria a criação de corredores ecológicos, que podem ser estabelecidos a partir, por exemplo, da restauração de Áreas de Proteção Permanente. Isto promoveria uma diminuição da vulnerabilidade de espécies que dependem de habitats mais extensos para sua sobrevivência.

Agradecimentos

As autoras agradecem ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq), pela bolsa PIBIC, e à Fundação de Auxílio à Pesquisa do Rio de Janeiro (FAPERJ), pelo financiamento deste trabalho de pesquisa.

Referências bibliográficas

- Araújo Filho, M.C.; Meneses, P.R.; Sano, E.E. Sistema de classificação de uso e cobertura da terra com base na análise de imagens de satélite. **Revista Brasileira de Cartografia**, v. 59, p. 171-179, 2007.
- Barros, F.A. **Efeito de borda em fragmentos de floresta montana, Nova Friburgo, RJ**. 2006. 100p. Dissertação (Mestrado em Ciência Ambiental) - Universidade Federal Fluminense, Niterói, RJ.
- Cerqueira, R; Brant, A.; Nascimento, M.T.; Pardini, R. Fragmentação: alguns conceitos. In: Rambaldi, D.M.; Oliveira, D.A.S. (Org.). **Fragmentação de Ecossistemas: Causas, efeitos sobre a biodiversidade e recomendações de políticas públicas**. Brasília: MMA/SBF, 2003, cap.01, p. 24-40.
- CIDE. Fundação Centro de Informações e Dados do Rio de Janeiro. **Índice de qualidade de municípios verde II**. Rio de Janeiro: Secretaria de Estado de Planejamento, Desenvolvimento Econômico e Turismo, 2003. 154p.
- Dantas, M.E. Geomorfologia do estado do Rio de Janeiro. In: Silva, L.C.; Cunha, H.V.S. **Geologia do Estado do Rio de Janeiro: texto explicativo do mapa geológico do Estado do Rio de Janeiro**. Brasília: CPRM. 2001. 63p.
- DRM - Departamento de Recursos Minerais. **Megadesastre da Serra Janeiro 2011**. Disponível em: <<http://www.drm.rj.gov.br>>. Acesso em: 27 de março 2011.
- Francisco, C.N.; Almeida, C.M. Avaliação de desempenho de atributos estatísticos e texturais em uma classificação de cobertura da terra baseada em objeto. **Boletim de Ciências Geodésicas**, v. 18, n. 2, p.302-326, 2012.
- Fundação SOS Mata Atlântica. Disponível em: <<http://www.sosma.org.br/nossa-causa/a-mata-atlantica>>. Acesso em 9 de setembro de 2012.
- Fundação SOS Mata Atlântica. **Atlas dos remanescentes florestais da mata atlântica – período 2005-2008 – Relatório Parcial**. São Paulo: Fundação SOS Mata Atlântica. INPE, 2009.
- IBGE. Cidades @. Disponível em: <http://www.ibge.gov.br/cidadesat> Acesso em 09 de agosto de 2011 a.
- IBGE. Ortofotos 1:25.000 - Rio de Janeiro. Disponível em: <ftp://geoftp.ibge.gov.br/mapas/ortofoto/Projeto_RJ25/TIF>. Acesso em fevereiro de 2011 b.
- IBGE. **Manual técnico de uso da terra**. Rio de Janeiro: IBGE, 2006.

Kataoka-Silva, A.M. **Efeito de borda em remanescentes florestais da floresta ombrófila mista da região de Guarapuava**. 2006. 91p. Tese (Doutorado em Ecologia e Recursos Naturais) - Universidade Federal de São Carlos, São Carlos, SP.

Ponzoni, F.J.; Shimabukuro, Y.E. **Sensoriamento Remoto no Estudo de Vegetação**. São José dos Campos: A. Silva Vieira Ed., 2009. 127p.

Valeriano, M. M. Modelo digital de variáveis morfométricas com dados SRTM para o território nacional: o projeto TOPODATA. In: Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto (SBSR), 12, 2005, Goiânia, GO. **Anais...**, São José dos Campos: INPE, 2005. Artigos, p. 1-8.