

Análise Espacial e Multitemporal do Padrão de Fragmentação Florestal na Bacia Hidrográfica do Rio São João

Vinicius da Silva Seabra
Universidade do Estado do Rio de Janeiro - UERJ-FFP
São Gonçalo - RJ, Brasil
vinigeobr@yahoo.com.br

Abstract. Landscape indicators are employed to generate quantitative data of spatial patterns on a maps or remote sensing images. We can see a map or image and note the existence of several patterns that change according to their scale or resolution of representation. Based on this, the objective for this paper was investigate the changes occurred in spatial patterns the forests of the São João river basin (BHRSJ). In this investigation were mapped by oriented-based classification methodology, the land cover and land user in all watershed, in last 35 years. After that, the data were processed using the software "GUIDOS", where were analyzed the patterns of fragmentation of the forest in BHRSJ. The result showed that there are many perforations in study area. However, these perforations have had an area reduction since the year 1985. The islands also show growth until 1995, but thereafter showed a sharp decline until 2010. It was also possible to see changes in the curve of deforestation and reforestation in the study area, from changes in pasture area and core areas, in the last 35 years. This study confirmed the hypothesis that the recovery in BHRSJ may be occurring within the fragments, with the closing of perforations. The increase in core areas can be further relates to connection of short fragments isolated or growth of larger fragments.

Palavras-chave: forest fragmentation, spatial analysis, land use dynamics, landscape history.

1. Introdução

Sotchava (1978) apontou como necessária a integração da perspectiva espacial (geográfica) e funcional (ecológica) para compreensão da dinâmica dos processos que ocorrem na superfície do planeta. Para realização desta tarefa seria necessário incorporar o conceito de geossistemas dentro da análise da paisagem, defendendo a possibilidade de estudarmos o espaço geográfico dentro de uma concepção geossistêmica, permitindo a interpretação do mesmo em seu todo sistêmico e, ainda, tornando possível a compreensão de suas funções, inter-relações, distribuições, formações, estruturas e funcionamentos (TROLL, 1950).

Para Pereira *et al.* (2001), a Ecologia da Paisagem baseia-se na premissa de que os padrões dos elementos da paisagem influenciam significativamente os processos ecológicos. Assim, a capacidade de quantificar a estrutura da paisagem é um pré-requisito para o estudo de sua função e mudança. Buscando uma relação entre os estudos geoecológicos e as novas geotecnologias, Frohn (1998) afirma que os indicadores da paisagem são empregados para gerar dados quantitativos de padrões espaciais, relativos a áreas, observados em um mapa ou imagem de sensoriamento remoto. Podemos observar um mapa ou imagem e notar a existência de diversos padrões, que variam segundo a sua escala, ou resolução, de representação.

Neste sentido, podemos afirmar que a análise do Uso e Cobertura da Terra é indispensável para estudos ambientais, pois retratam as pressões e impactos sobre os elementos naturais presentes na paisagem. Estes levantamentos são essenciais para a análise de fontes de poluição e compreensão das interações entre o meio biofísico e socioeconômico.

Para pesquisas relacionadas à caracterização e classificação da paisagem é imprescindível não somente a espacialização dos seus elementos e estruturas no presente, mas também a análise da evolução do Uso e Cobertura da Terra, ao longo do tempo. Além de fornecer as informações necessárias para o reconhecimento da estrutura

da paisagem, da organização espacial dos elementos que compõem a paisagem, e da análise das pressões socioeconômicas atuais, a evolução do Uso e Cobertura da Terra possibilita a compreensão da intensidade das mudanças e o período em que elas ocorreram; permite a compreensão de suas estruturas no passado; e, além disso, torna viável a determinação dos vetores e tendências das pressões sobre os espaços naturais.

Seguindo estas premissas, este trabalho tem o objetivo de analisar as mudanças sofridas no padrão espacial da fragmentação e conectividade da paisagem da BHRSJ em quatro momentos distintos (1975-1985-1995-2010), fazendo uso de classificação baseada em objetos e análise espacial dos resultados, em ambiente SIG. Para tal, foram utilizados os *softwares Spring*[®], *Definiens*[®] 8.0, *GUIDOS*[®] e *ArcGIS 9.3*[®], na manipulação de imagens Landsat (MSS e TM) e seus subprodutos, afim de efetuar a análise da paisagem na BHRSJ, nos últimos 35 anos.

A escolha da bacia hidrográfica do rio São João (BHRSJ) como área de estudo deve-se a sua grande importância estratégica para o Estado do Rio de Janeiro, sendo uma das principais fontes de abastecimento de água para a região e para as baixadas litorâneas, além de também possuir um alto grau de endemismo de espécies. Localizada na porção leste do Estado (fig.1), a BHRSJ destaca-se ainda por abrigar grande parte dos últimos remanescentes de Mata Atlântica em áreas de baixada no estado do Rio de Janeiro, com vegetações em diferentes estados de conservação.

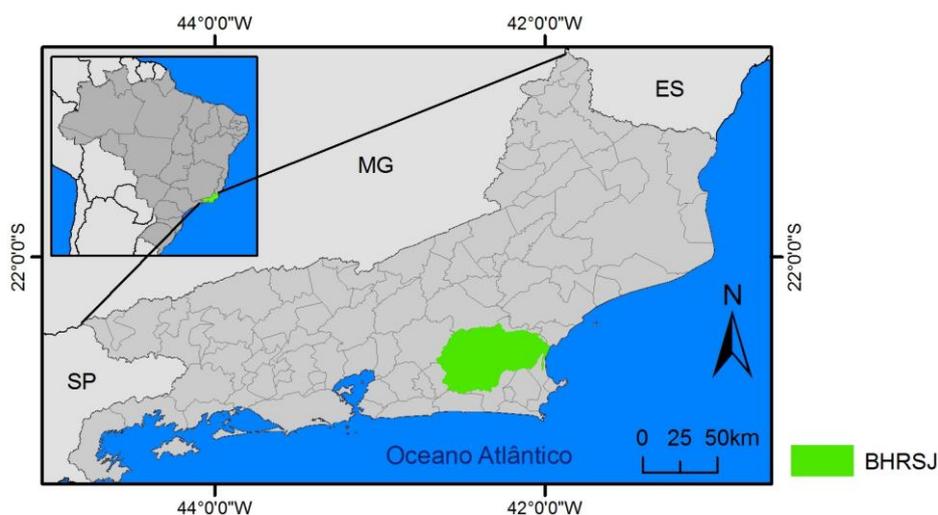


Figura 1. Localização da bacia hidrográfica do rio São João (BHRSJ)

A BHRSJ localiza-se dentro do contexto da Mata Atlântica, situada entre o corredor da Serra do Mar e o litoral atlântico. Esta bacia posiciona-se à oeste da Bacia Hidrográfica da Baía da Guanabara, estando quase que em sua totalidade na Região das Baixadas Litorâneas do Estado do Rio de Janeiro. A BHRSJ estende-se por 63 km no sentido leste-oeste e por 43 km no sentido norte-sul, possuindo uma área total de 2.160 km².

2. Materiais e Métodos

Neste trabalho, a análise da evolução do Uso e Cobertura da Terra foi realizada a partir de mapas (1:100.000), gerados por classificação baseada em objetos, utilizando uma imagem do satélite Landsat 4 MSS (ano de 1975) e 3 imagens do satélite Landsat 5 TM (anos de: 1985, 1995, 2010). Depois de gerados, estes mapas foram inseridos em um ambiente SIG, onde foram processadas análises que forneceram subsídios para a compreensão e localização das mudanças ocorridas na BHRSJ nos últimos 35 anos e,

posteriormente, forneceram os elementos necessários para análise do padrão espacial da fragmentação florestal dos quatro períodos.

O processo de georreferenciamento foi realizado no software Spring 5.2.1, onde os maiores deslocamentos encontrados entre as imagens do sensor TM foi o de 32 m na imagem de 1995, sendo que na imagem MSS este valor ficou em torno de 95 m. É importante ressaltar que a maior dificuldade em georreferenciar as imagens do sensor MSS justifica-se pelas menores resoluções espectrais (4 bandas) e espaciais (68x83m), à aspectos relacionados à aquisição da imagem, além é claro, da dificuldade de encontrarmos pontos de controle na área, principalmente em razão das mudanças ocorridas na região ao longo dos últimos 35 anos. Em seguida foi construído, para cada imagem (1975, 1985, 1995 e 2010). um projeto de classificação no *software* DEFINIENS[®], para a sua posterior classificação baseada em objetos (fig. 2).

O processo de classificação baseada em objetos utilizam os polígonos gerados na segmentação para definição dos objetos de imagem a partir de um conjunto de dados, no caso, as bandas. As características espectrais de forma e relações de vizinhança foram as informações utilizadas na descrição destes objetos. A partir destes descritores os objetos puderam ser agrupados em categorias com significado ou em classes temáticas.

Cruz et. al (2007) apontam que a classificação baseada em objetos busca simular técnicas de interpretação visual através da modelagem do conhecimento para identificação de feições, baseada na descrição de padrões identificadores, tais como textura, cor, métrica, contexto. Reis (2009) destaca que a classificação baseada em objetos veio para suprir os tradicionais classificadores que tinham como base apenas os atributos espectrais, que não permitiam o uso de dados de diferentes resoluções e que não tratavam as classes de forma individualizada.

A classificação baseada em objetos ainda se diferencia das demais por apresentar a possibilidade de se realizar multissegmentações, gerando níveis hierarquizados, incluindo ainda aspectos de multirresolução. A classificação baseada em objetos considera muitos tipos de descritores, tratando-os como parâmetros caracterizadores dos objetos, tais como: cor, textura, tamanho, forma, padrão, localização, contexto, etc. Portanto, a inserção destes elementos, ou seja, do conhecimento do intérprete no processo, consiste em uma alternativa para a distinção de alvos que espectralmente apresentam dificuldades de serem mapeados. A caracterização dos objetos da imagem não pode limitar-se apenas a atributos espectrais, pois estes muitas vezes não conseguem delimitar objetos complexos (DEFINIENS, 2010).

Em seguida, todos os mapas de uso e cobertura da Terra foram gerados, e para cada classe temática, de cada ano mapeado, foram calculadas as áreas e os respectivos percentuais de área na BHRSJ. As classes mapeadas foram:

- 1-Areia - Cordões arenosos;
- 2 - Água - Espelho d'água das lagoas, do oceano, ou de alguns rios;
- 3-Áreas Úmidas – Para esta classe serão consideradas as áreas de inundação temporária (não permanente), que na BHRSJ são as áreas alagadas por afloramento do lençol freático (brejos) ou áreas de inundação de rios e lagoas;
- 4-Mangue – Classe que representa a vegetação de mangue;
- 5-Floresta - Nestas classes podemos inserir as florestas, matas de restinga, matas aluviais e demais coberturas naturais arbóreas, excetuando-se apenas a vegetação de mangue;
- 6-Pastagem - Áreas de vegetação rasteira ou de pequenas capoeiras;
- 7-Vegetação Secundária Inicial - Áreas de vegetação de capoeira, também conhecidas como pasto sujo;

8-Agricultura – Áreas de ocorrência de atividades agrícola, sobretudo de cana-de-açúcar. Os cultivos familiares, em pequena escala, não foram identificados nesta classe;
 9-Solo Exposto – Dentro desta classe temos as áreas de exploração de saibro e pedreiras; Os solos preparados para cultivo, quando existentes, foram incorporados à classe 8.

10-Urbano Rarefeito – Representa as áreas de menor ocupação, com lotes vazios (não construídos) intercalando as casas;

11-Urbano Médio – Nesta classe a ocupação se dá de forma contínua, com poucas interrupções (lotes vazios). Poucas são as construções com mais de 1 pavimento, e mais raras ainda são as que ultrapassam 2 pavimentos.

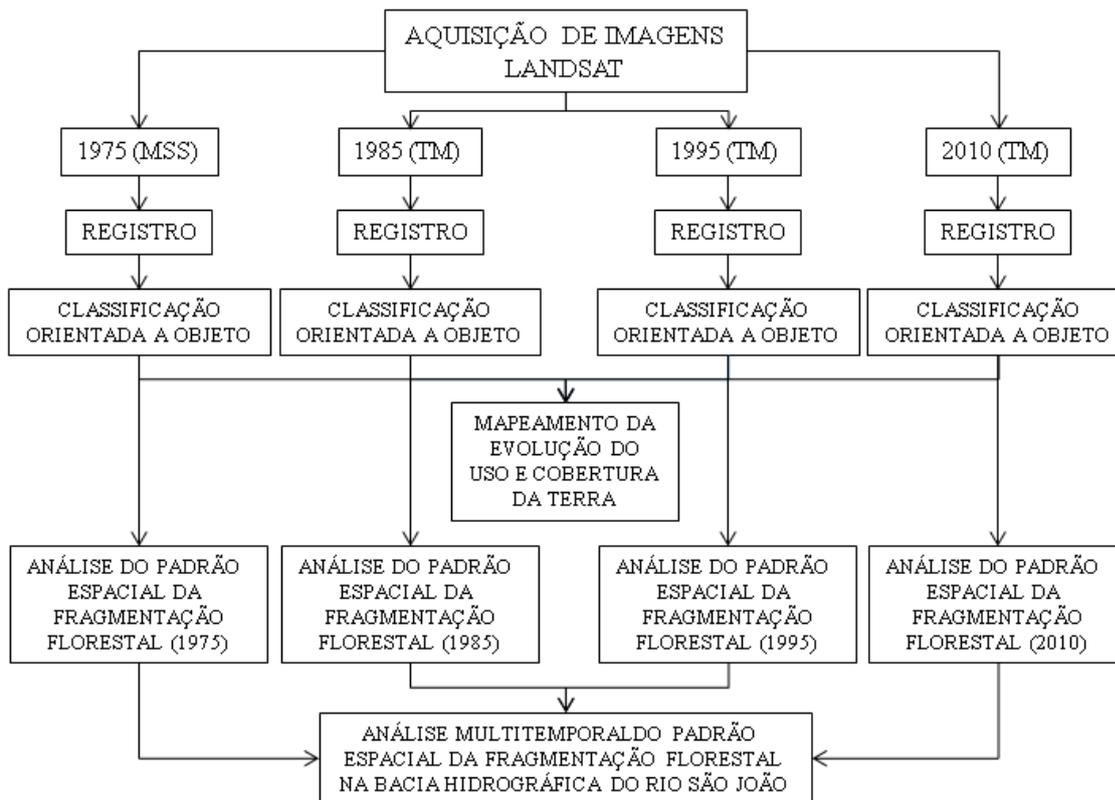


Figura 2. Fluxograma de Atividades

Os fragmentos florestais foram extraídos dos mapas de uso e cobertura da Terra, e após terem sido convertidos para formato matricial (20x20m) foram importados e manipulados no software GUIDOS® (<http://forest.jrc.ec.europa.eu/download/software/guidos>), que é um software livre, voltado para análise espacial de fragmentos florestais (VOGT, 2012). Os fragmentos foram manipulados a partir do módulo MSPA (*Morphological Spatial Pattern Analysis*), considerando como valor de borda de fragmentos a distância de 100m (5 pixels). As classes mapeadas a partir das análises realizadas do MSPA GUIDOS foram as seguintes:

- Bordas: Faixas de floresta mais externa ao fragmento (borda), com extensão de 100 metros, em contato com a matriz.
- Áreas Núcleo: Área interna dos fragmentos florestais.
- Clareiras: Áreas desmatadas no interior dos fragmentos florestais.

- Bordas de Clareiras: Faixas de floresta, com extensão de 100m, que está em contato com as clareiras.
- Corredores: Faixas de floresta que conectam dois ou mais fragmentos florestais..
- Falsos corredores (laços): Corredores florestais que ligam dois pontos de um mesmo fragmento.
- Falsos corredores em clareira: Corredores que cruzam o interior de uma clareira.
- Ramificações: Faixas de floresta que saem do fragmento, mas que não conectam-no a outro fragmento.
- Matrizes: Áreas desmatadas, externas aos fragmentos florestais.
- *Stepping Stones*: Ilhas de floresta inseridas no interior da Matriz.

Os resultados finais da análise foram incorporados a um BDG, e manipulados em ambiente SIG (ArcGIS 9.3®), onde foram calculadas as áreas e gerados os layouts finais. Estes dados encontram-se disponíveis para novas análises a serem realizadas na BHRSJ.

3. Resultados e Discussão

O cálculo das áreas das classes de Uso e Cobertura da Terra comprovam quantitativamente as mudanças percebidas a partir da observação dos mapas temáticos (Tabela 1). É importante chamar atenção para o crescimento das áreas florestadas entre os anos de 1995 e 2010, o progressivo decréscimo das áreas úmidas desde antes de 1975 e o acentuado aumento das áreas urbanas entre os anos de 1995 e 2010. Para todos os cálculos de área realizados foi utilizada a projeção equivalente cônica de Albers sobre vetores (shapes) em escala de detalhe de 1:100.000.

Tabela 1: Quantitativo das classes de Uso e Cobertura da Terra na BHRSJ nos anos de 1975, 1985, 1995 e 2010.

Uso e Cobertura da Terra	1975 (km ²)	% 1975	1985 (km ²)	% 1985	1995 (km ²)	% 1995	2010 (km ²)	% 2010
Agricultura	0,00	0,00	52,80	2,50	49,81	2,35	30,40	1,44
Água	41,62	1,97	19,09	0,90	28,58	1,35	36,18	1,71
Cordões Arenosos	0,30	0,01	0,38	0,02	0,55	0,03	0,32	0,02
Floresta	795,07	37,58	742,98	35,12	647,87	30,6	682,97	32,28
Mangue	7,11	0,34	6,91	0,33	5,57	0,26	9,20	0,43
Ocupação Moderada	0,00	0,00	0,87	0,04	4,52	0,21	15,71	0,74
Ocupação Rarefeita	0,59	0,03	5,31	0,25	8,87	0,42	10,91	0,52
Solo Exposto	0,00	0,00	0,40	0,02	1,70	0,08	0,30	0,01
Pastagem	998,37	47,19	1.141,4	53,95	1.214,9	57,4	1.174,1	55,49
Vegetação Secundária	178,04	8,42	115,81	5,47	128,60	6,08	137,12	6,48
Áreas Úmidas	94,54	4,47	29,68	1,40	24,70	1,17	18,47	0,87
Total	2.116	100	2.116	100	2.116	100	2.116	100

As análises dos mapas de uso e cobertura da Terra e dos padrões espaciais de distribuição dos fragmentos florestais apontam que, atualmente, a maior parte dos fragmentos florestais na BHRSJ estão localizados na porção noroeste da bacia, onde está situada a escarpa da serra do mar. Nestes fragmentos é marcante a presença das clareiras, que representam um total de 39 km², com um média de, aproximadamente, 8

ha cada (fig. 3). No entanto, as clareiras vem sendo reduzidas desde 1985 (tab. 2 e fig. 4), o que pode significar que estas áreas vêm se recuperando ao longo dos últimos anos.

As ramificações e corredores também mostraram uma significativa redução depois de 1985, o que pode estar relacionado ao desmatamento ou reflorestamento das clareiras e bordas.

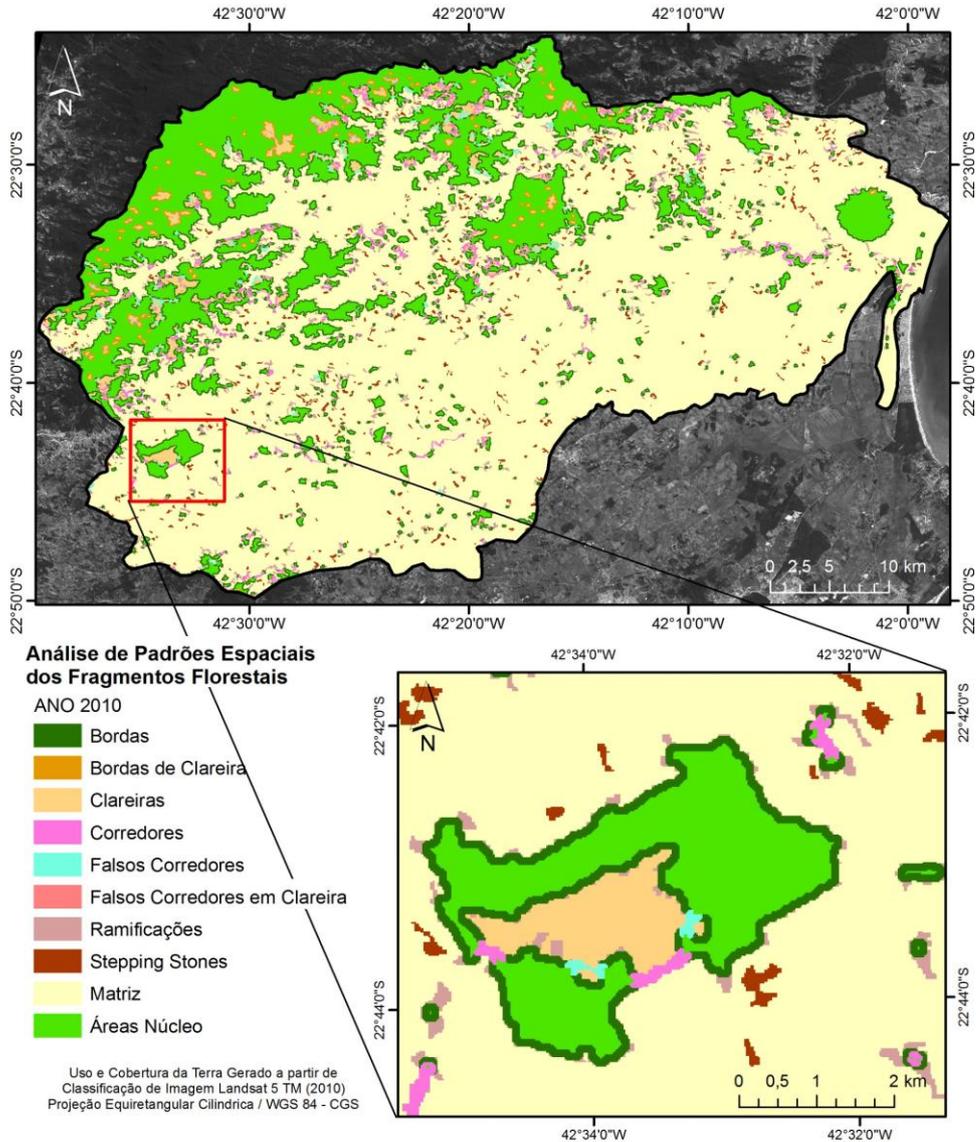


Figura 3. Mapa de padrões espaciais dos fragmentos florestais em 2010, na BHRSJ.

Os *stepping stones* (ilhas) localizam-se principalmente na porção central e sul da BHRSJ. Estas áreas de ilhas cresceram significativamente até o ano de 1995, o que pode significar que até este período o processo de fragmentação foi maior que o de conexão de fragmentos. No entanto, após 1995 ocorreu uma relevante redução nas áreas de *stepping stones*, o que pode estar relacionado a recuperação de algumas áreas, ou a fragmentação de manchas de florestas.

A matriz na bacia é quase majoritariamente de pastagens desde 1975 até os dias de hoje. As pastagens são predominantes nas áreas mais rebaixadas, de relevo plano e colinoso. As áreas de pastagem vinham crescendo até o ano de 1995, onde passou a decrescer até 2010 (fig.5).

As áreas núcleo foram reduzidas quase que linearmente de 1975 até 1995. No entanto, após 1995 estas áreas foram ampliadas significativamente. É importante

perceber que a redução da matriz de pastagem após 1995 acompanhou o aumento das áreas núcleo depois de 1995. O crescimento das áreas núcleo podem ainda estar relacionadas ao fechamento de algumas clareiras (fig. 6).

Tabela 2: Feições da paisagem mapeadas na BHRSJ nos anos de 1975, 1985, 1995 e 2010.

Classes	Áreas em km ²			
	1975	1985	1995	2010
Bordas	200,82	188,28	156,41	145,38
Bordas de Clareira	20,41	13,94	12,26	17,01
Clareiras	46,66	53,75	43,54	39,82
Corredores	27,58	45,38	42,90	33,89
Falso Corredor (Laço)	8,73	10,99	7,37	11,06
Falso Corredor em Clareira (Laço em Clareira)	1,19	0,56	0,46	1,10
Matriz	1.274,02	1.312,45	1.418,76	1.383,55
Ramificações	46,52	81,77	71,55	58,57
Ilhas (<i>Stepping Stone</i>)	15,24	28,18	42,31	29,45
Áreas Núcleo	474,51	380,39	320,14	395,85
Total	2116	2116	2116	2116

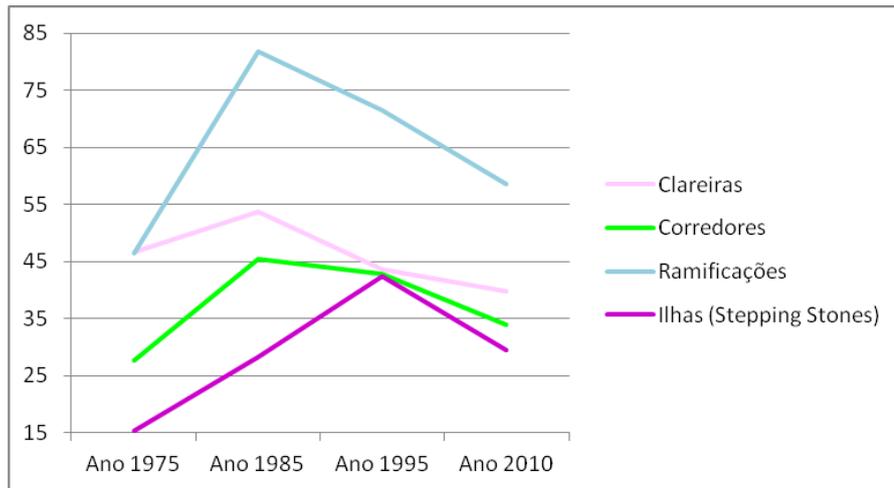


Figura 4. Áreas das clareiras, corredores, ramificações e ilhas nos últimos 35 anos. Os valores do eixo y correspondem a km².

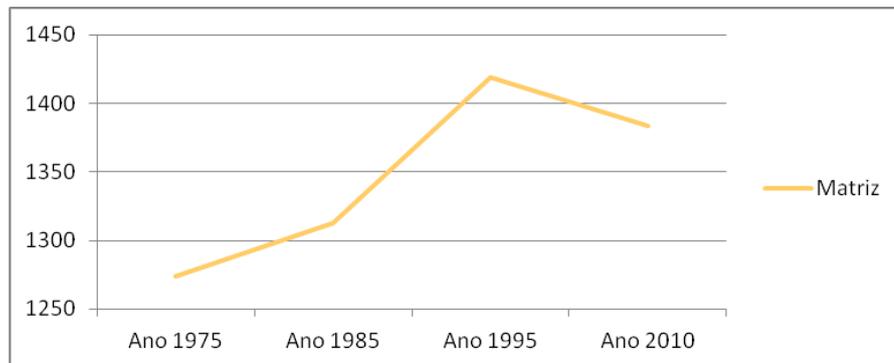


Figura 5. Crescimento e redução da matriz nos últimos 35 anos na BHRSJ. Os valores do eixo y correspondem a km².

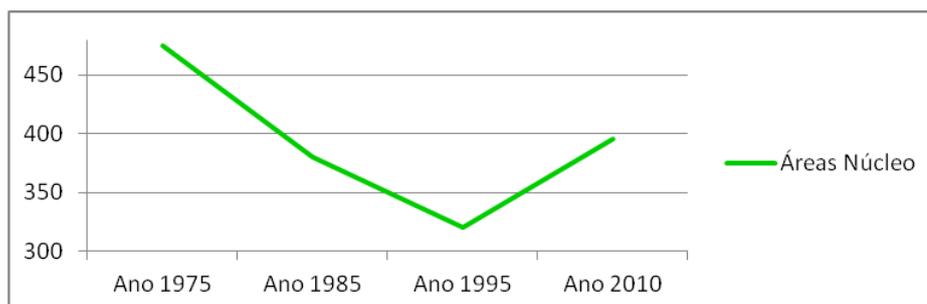


Figura 6. Crescimento e redução das áreas núcleo nos últimos 35 anos na BHRSJ. Os valores do eixo y correspondem a km².

Considerações Finais

A utilização de técnicas de sensoriamento remoto para a construção dos mapas de uso e cobertura da Terra, com utilização de classificação orientada ao objeto, mostrou resultados muito mais satisfatórios que os métodos tradicionais, o que refletiu num menor esforço de edição dos mapas finais. A manipulação dos resultados no software GUIDOS tornou possível a geração de informações capazes de nos indicar a ocorrência e localização de alterações relevantes ocorridas na área de estudo.

A análise mais detalhada confirmou as expectativas de que estas áreas recuperadas entre 1995 e 2010 estariam nas bordas de fragmentos florestais, ou ainda, seriam clareiras em áreas florestadas que foram "preenchidas" ao longo do tempo por formações florestais. Os resultados reforçam a hipótese de que a proximidade e contexto das áreas degradadas em relação às coberturas naturais são preponderantes para a ocorrência de recuperação florestal. As clareiras e as bordas de grande fragmentos florestais foram onde, possivelmente, mais ocorreram os processos de recuperação.

Referências Bibliográficas

- CRUZ, C.B.M., VICENS, R.S., SEABRA, V.S., REIS, R.B., FABER, O.A., RICHTER, M., ARNAUT, P.K.E., ARAUJO, M. **Classificação orientada a objetos no mapeamento dos remanescentes da cobertura vegetal do bioma Mata Atlântica, na escala 1:250.000**. XIII Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, INPE, Florianópolis, Brasil. 2007.
- DEFINIENS, *The Principles of Definiens Cognition Network Technology*. Disponível em: <http://earth.definiens.com/learn/technology>. Acesso em 15/01/2010.
- FROHN, R. *Remote sensing for landscape ecology: New metric indicators for monitoring, modeling, and assessment of ecosystems*. Boca Raton, FL: Lewis, 99 p. 1998.
- PEREIRA, J.L.G.; BATISTA, G.T.; THALÊS, M.C.; ROBERTS, D.A.; VENTURIERI, A.V. **Métricas da paisagem na Caracterização da evolução da ocupação da Amazônia**. Geografia, v. 26, n. 1, p. 59-90, abr. 2001.
- REIS, R. B., CARDOSO, P. V., CRUZ, C B. M., VICENS, R. S. **Classificação do Uso e Cobertura do Solo da APA do São João em uma abordagem orientada a objeto**. Anais XIV Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, Natal, Brasil, 25-30 abril 2009, INPE, p. 7087-7094. 2009.
- SOTCHAVA.V.B. *Introducción a la doctrina sobre los geosistemas (en ruso)*. Tradución José Manuel Mateo Rodriguez. Editorial Nauka, Filial de Siberia, Novosibirsk, p. 318. 1978.
- TROLL, C. **A paisagem geográfica**. *Hamburg: Stadium Generale*, v.2, p. 163-181. 1950.
- VOGT, P. *User Guide of Guidos*. European Commission, Joint Research Centre (JRC). Italy. 2012.