

Utilização de modelo digital de elevação e grades climáticas na cartografia de unidade paisagem de primeira ordem do Estado do Rio de Janeiro

Nátalie Chagas Slovinski¹
Raúl Sánchez Vicens¹
Maria Luisa da Fonseca Pimenta¹
Felipe Mendes Cronemberger¹

¹ Universidade Federal Fluminense – UFF
Departamento de Geografia
Endereço: Av. Litorânea, s/n - Campus da Praia Vermelha, Boa Viagem
CEP 24.210-340 – Niterói – RJ, Brasil
{luisapimenta, felipecron}@yahoo.com.br; {rsvicens, nataliechagas}@gmail.com

Abstract. In order to analyze the structure of the landscape observing their homogeneity is necessary to map the components that form it. In this case, it must first define the differentiating factors which are those that its substantial composition does not change directly and manifest themselves in long term to characterize the landscape and are the most inert to the impacts of human activities. So, for understand the landscape of Rio de Janeiro is necessary, first, the mapping of morphological domains and their climatic types, which are considered as factors of genesis in the evolutionary processes that define and modify the landscape. Digital Elevation Models (DEM's) generated from Shuttle Radar Topography Mission (SRTM) and related product were used in a multiresolution object-based analysis to discriminate four great morpho-structures of relief of Rio de Janeiro State. Following a hierarchical classification structure, were modeled climate features obtained from grids of climate variables, downloaded from the Worldclim Data Base. Were used grids of annual water deficit (in mm), mean annual rainfall and mean temperature of the coldest month to discriminate the landform as to its thermal and humidity regime. Was opted for the more refined segmentation in order to work with only one level of classification. The classification was performed on hierarchical semantic networks from the Object-based analysis, including fuzzy models and developed in two steps. First were differentiated the main landforms from values of the altimetric amplitude, the mean slope and the maximum height of objects. Finally, the landforms were differentiated according to the hydro-thermal regime, thereby obtaining the first order units of the landscape.

Palavras-chave: Object-based Image Analyst, landscape mapping, climate data, DEM, Análise orientada a objetos, mapeamento das paisagens, dados climáticos, MDE.

1. Introdução

A paisagem vista como uma composição de fatores bióticos e abióticos se forma a partir de uma trajetória evolutiva, o que a torna homogênea. Esta homogeneidade é relativa segundo um nível hierárquico de classificação, sendo que nas unidades de nível inferior a homogeneidade é mais forte e evidente. Dessa forma, um mapeamento que objetive identificar as distintas paisagens da superfície terrestre deve levar em consideração seus diversos níveis e componentes.

Na diferenciação das unidades de paisagem é importante observar as propriedades resultantes da atuação dos fatores formadores que lhe deram origem. Estes fatores são ligados àqueles componentes naturais que na sua inter-relação dialética, desempenham um papel na composição substancial, na estrutura, no funcionamento, na evolução e na dinâmica da paisagem.

Segundo Mateo (2004), os **fatores diferenciadores** determinam as propriedades dos restantes componentes, ao aportar calor e umidade para o funcionamento do sistema. Sua composição substancial não muda de maneira direta e se manifestam em longo prazo nas características da paisagem. São os mais inertes aos impactos antropogênicos e correspondem aos fatores geológicos e climáticos. Já os **fatores de redistribuição** são encarregados de

redistribuir o calor e a umidade, provenientes dos fatores diferenciadores, controlando e determinando os padrões de formação e diferenciação dos componentes restantes. É representado principalmente pelo relevo (Figura 1).

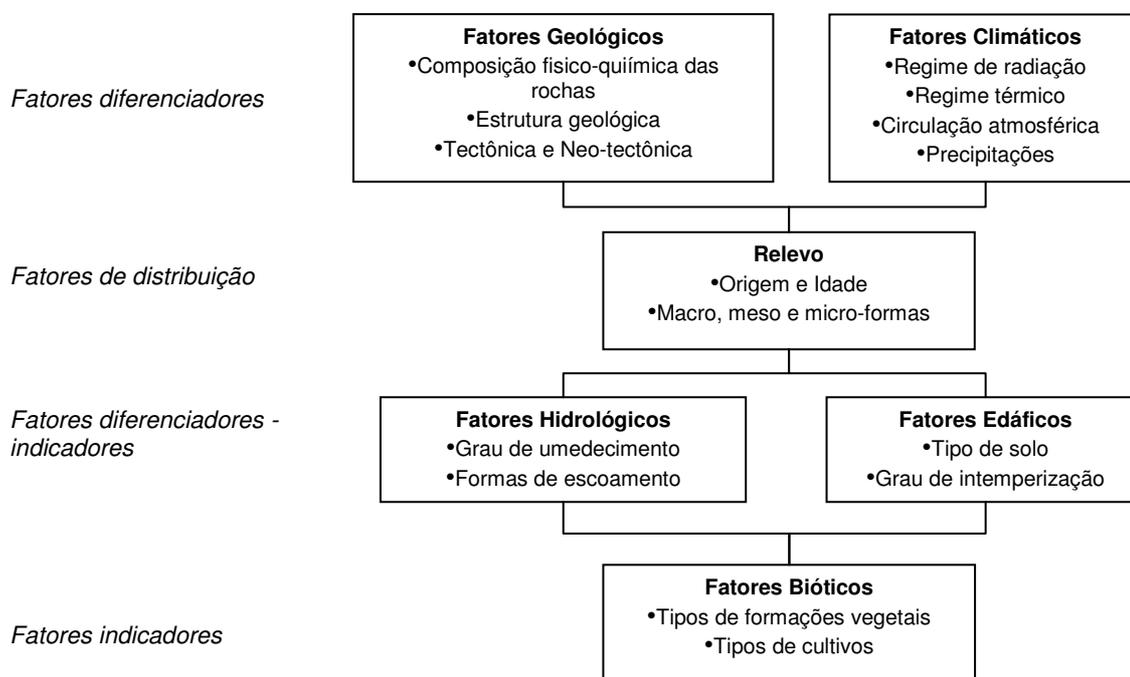


Figura 1. Fatores geológicos formadores das paisagens (modificado de Mateo Rodriguez, 2004)

Os **fatores diferenciadores - indicadores** têm um peso significativo na composição substancial do sistema ao aportar à base hídrica e material concreta. Podem ser transformados totalmente por impacto antropogênico. Os **fatores indicadores** resultam das influências combinadas dos fatores restantes, indicando as condições de hábitat, a origem e evolução. São os mais dinâmicos e transformáveis pelo impacto humano.

A classificação das unidades de paisagens se estabelece de forma hierárquica e subordinada como base para a diferenciação do sistema de unidades taxonômicas, as quais diferenciam-se entre si segundo índices diagnósticos derivados dos fatores formadores. Consideram-se assim, os fatores diferenciadores e de redistribuição como indicadores para a cartografia das unidades de ordem superior, enquanto que os fatores restantes definem as unidades de ordem inferior.

Com isso, a presente pesquisa buscou levantar os fatores diferenciadores e de distribuição na gênese das paisagens, aqueles que determinam as propriedades do restante de seus componentes, que se manifestam em longo prazo nas características da paisagem e são os mais inertes aos impactos antropogênicos. O objetivo é então elaborar, a partir de elementos de composição substancial inter-relacionados – as macroestruturas de relevo e os tipos climáticos – uma classificação dos compartimentos das paisagens de ordem superior para o estado do Rio de Janeiro.

Para esta classificação, foram utilizadas técnicas de Sensoriamento Remoto, com abordagem de classificação orientada a objetos, utilizando modelagem do conhecimento a partir das informações extraídas de Modelos Digitais de Elevação e de grades climáticas. As análises **foram** efetuadas no aplicativo *Definiens Developer*, que realiza uma abordagem orientada a objetos buscando simular técnicas de interpretação visual através da modelagem do conhecimento para identificação de feições através de modelos de pertinência booleanos ou *fuzzy*. As ferramentas de segmentação o torna diferenciado pelo fato de objeto individualizado ter atributos próprios e herdar outros de suas classes superiores, tornando

importante já que desta forma o processamento da imagem aproxima-se dos processos cognitivos humanos e é mais fácil incorporar informação de contexto com significado conforme Bernardi (2007).

A utilização de modelos de pertinência que se valem de lógica nebulosa (*fuzzy logic*) permitem o estabelecimento de limiares para identificar diferentes estruturas e assim compor as classes criadas. Ele baseia-se em níveis de incerteza, de acordo com os descritores selecionados, e se apresenta como a metodologia mais adequada para o presente trabalho, uma vez que as transições **entre as unidades de paisagem** geralmente ocorrem na natureza de forma gradual, quando na ausência de perturbações.

Assim, será aqui apresentada uma classificação totalmente automática (sem edição visual) das unidades de paisagens de ordem superior, no Estado do Rio de Janeiro, elaborada na escala cartográfica de 1:100 000, a partir de Processamento Digital de Imagem (PDI) e utilizando-se de lógica *fuzzy*, na qual é possível modelar, também, o conhecimento. Salienta-se a grande relevância deste levantamento para o entendimento do funcionamento dos distintos compartimentos das paisagens como forma de subsidiar estudos ambientais de identificação de áreas prioritárias para conservação e recuperação ambiental.

2. Metodologia de Trabalho

A classificação morfoclimática proposta no presente trabalho tem como recorte espacial o estado do Rio de Janeiro, apresentado na Figura 2, e seguiu as etapas metodológicas de mapeamento apresentadas na Figura 3, que serão minuciadas a seguir.

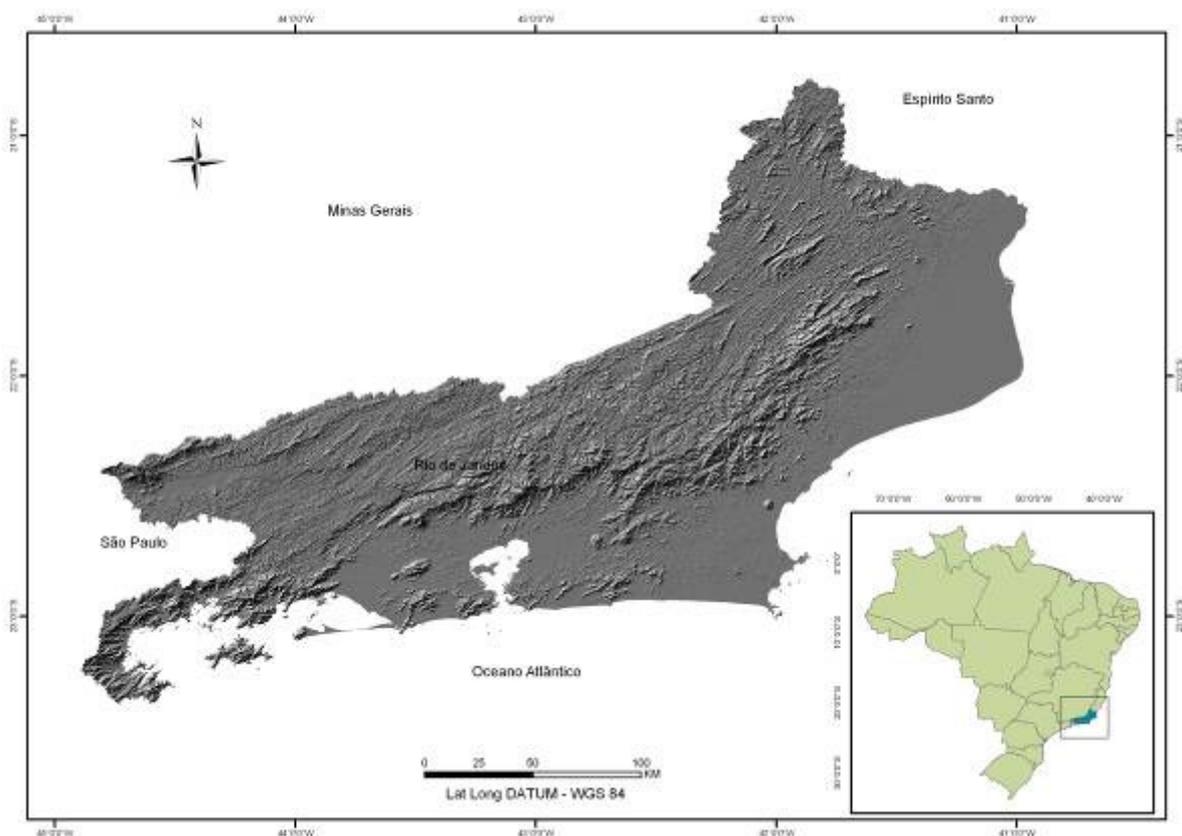


Figura 2. Localização da área de estudo.

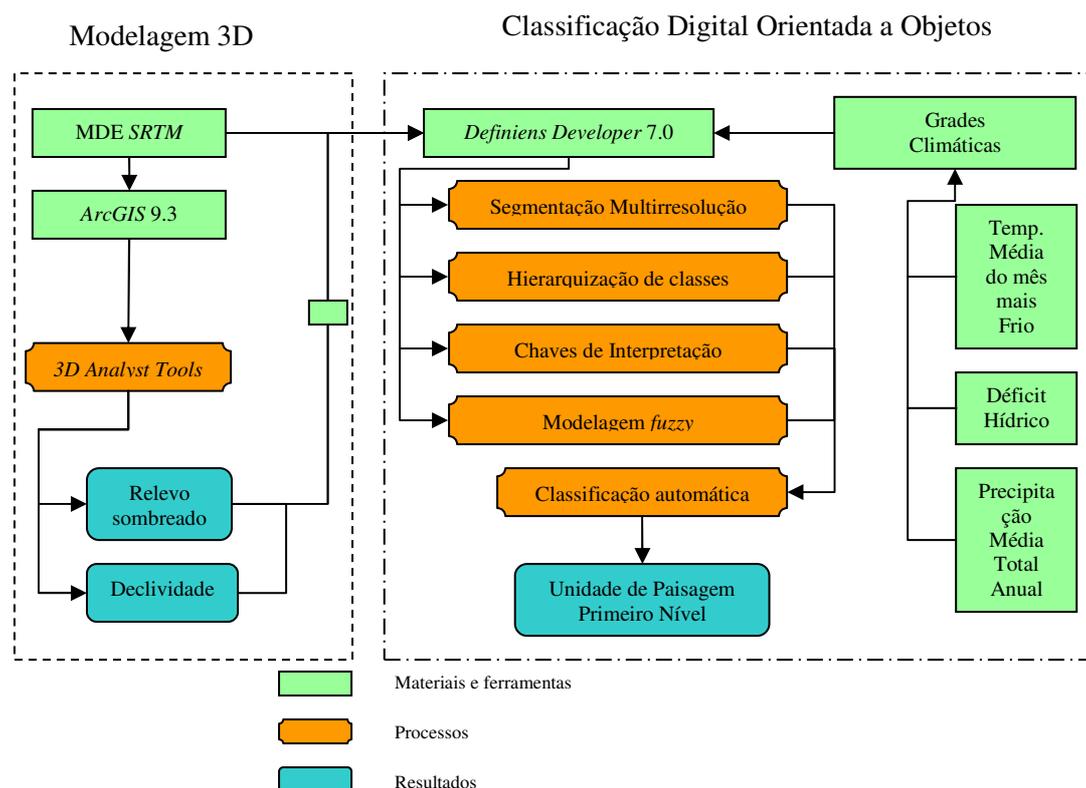


Figura 3. Etapas metodológicas do mapeamento unidade de paisagem de primeira ordem.

Para o mapeamento dos domínios morfo-estruturais do relevo do Estado foi utilizado o Modelo Digital de Elevação (MDE) do *Shuttle Radar Topography Mission* (SRTM) desenvolvido pela NASA (*National Aeronautics and Space Administration*) e NGA (*National Geospatial-Intelligence Agency*) dos Estados Unidos no ano 2000, que possui resolução espacial de 90 metros. Assim, utilizando o *software ArcGIS 9.3* foi possível extrair do MDE, através das ferramentas de modelagem 3D, a declividade (*slope*) e o relevo sombreado (*hillshade*).

Foram adquiridas as grades de dados climáticos a partir do *set* de *layers* globais (*WorldClim*) disponíveis para *download* no site da organização. As grades contêm valores médios calculados para uma série histórica de 50 anos (1950-2000), com resolução espacial de 30 segundos de grau no sistema de coordenadas geográficas, *datum* WGS84 (Hijmans *et al.*, 2005). As grades globais mensais de precipitação e temperatura foram cortadas no *Global Mapper* num *sub-set* abrangendo o estado do Rio de Janeiro. Com as médias mensais de temperatura e precipitação, foram então geradas duas grades: o déficit hídrico (em mm, gerado através do método de determinação do balanço hídrico de Thornthwaite & Mather, 1955) e a temperatura média do mês mais frio.

Dentro da plataforma do *Definiens Developer* criou-se um nível de segmentação utilizado, primeiramente, para classificar os domínios morfológicos: montanhas, morros, colinas e planícies, a partir de limiares morfométricos de amplitude altimétrica, declividade média e altitude máxima dos objetos. Estes domínios foram seguidamente classificados segundo o regime térmico (tropical e sub-tropical) e grau de umedecimento (super-úmido, úmido, sub-úmido e sub-úmido seco), observando limiares de probabilidades de pertinência nos descritores hidro-térmicos que acompanham a classificação de Thornthwaite (1948).

3. Resultados e Discussão

Utilizando o algoritmo de segmentação de multiresolução onde é possível extrair segmentos com base, tanto no valor do pixel, como no formato do objeto, optou-se pela segmentação *bottom-up*, ou seja, segmentos pequenos (sub-objetos), para fim de utilizar apenas um nível de segmentação na classificação das morfologias e também das tipologias climáticas. Para o único nível de segmentação foi definido como parâmetro de escala 30, ou seja, baixo grau de heterogeneidade permitida para definição dos segmentos. Nesse processo foram levados em consideração a declividade com peso de pertinência 1 e o relevo sombreado com peso de pertinência 4, ou seja quatro vezes maior que o anterior. Importante ressaltar que o a declividade e o relevo sombreado foram gerados a partir do MDE SRTM onde foi determinado valor de azimute 315°, altitude 45° e exagero vertical 1. Utilizou-se a atribuição de pesos maiores ao valor do *pixel* e à compacidade dos objetos, em detrimento da forma e suavidade conforme indica os valores na tabela 1 abaixo.

Tabela 1 Variáveis e parâmetros utilizados na segmentação das unidades morfoclimáticas.

Nível 1 – Limiar de similaridade: 30					
Planos de informação	peso	cor	forma	compacidade	suavidade
Declividade	4	0,9	0,1	0,9	0,1
Relevo sombreado	1				

Utilizando testes feitos para mapeamentos anteriores para a escolha dos parâmetros utilizados na segmentação, definiu-se que o maior peso atribuído às declividades foi decisivo para isolar distintos compartimentos do relevo que possuem em suas quebras naturais esta característica intrínseca, com seus sopés e interflúvios; assim como o baixo valor destinado à forma revelou que a homogeneidade dos valores de declividade contribui significativamente na criação de segmentos compactos, Pimenta *et al.*(2010).

Levando em consideração que os limites entre as classes morfoclimáticas não são lineares, foi utilizada para determinar os parâmetros da classificação dos segmentos a modelagem por lógica *fuzzy*. Essa modalidade de lógica é capaz de tratar conceitos vagos, imprecisos ou ambíguos, convertendo-os para um formato numérico. Assim, os modelos das funções de pertinência determinam o grau de pertencimento do objeto a cada uma das classes, definindo-o.

Assim no primeiro nível de classificação onde as macroestruturas do relevo do estado foram modeladas com os seguintes parâmetros conforme tabela 2.

Tabela 2 Atributos da compartimentação geomorfológica

		Superfícies acumulativas	Relevo colinoso erosivo-acumulativo	Relevo de morros estruturo-denudativo	Relevo montanhoso estruturo-denudativo
Variáveis morfométricas	Amplitude altimétrica	-	-	“entre” 200 – 800 m	-
	Máxima altitude	-	-	“a esquerda de” (fuzzy) < 600 m	“a direita de “ (fuzzy) > 500 m
	Declividade média	“a esquerda de” (fuzzy) < 4°	-	“a direita de “ (fuzzy) > 4°	-

Relações entre classes	Não-pertinência	-	Todas	-	-
------------------------	-----------------	---	-------	---	---

Como forma de eliminar qualquer possibilidade que houvesse objetos não classificados o relevo colinoso ficou determinado como sendo o que não fora classificado como as outras classes, assim, determinou-se semelhança invertida (*not*).

Determinar valores de altitude acima de 500 m para o domínio montanhoso evitou que colinas fossem classificadas na confusão entre pertinência de morros e montanhas bem como determinar a média de declividade maior que 4° para os morros. Com isso, determinar bem os limiares para a classe morro foi determinante para definir com maior precisão as classes de colinas e as montanhosas. Para esse refinamento, determinou-se limiares de declividade média, máxima altitude, amplitude e semelhança invertida.

Determinadas as classes morfológicas do estado utilizou-se o recurso de herança entre classes para definir os tipos climáticos para cada classe morfológica.

Dentro do domínio montanhoso foram determinados dois grupos climáticos: o tropical e o subtropical, sendo estes determinados pela altitude segundo classificação de Köppen apud Ayoade (1998) que coloca como limiar 18° de temperatura média do mês mais frio. Assim foi utilizado o MDE para determinar as altitudes serranas. Entre as outras classes morfológicas o que determinou-se foi o clima tropical e suas variações, tais limiares foram baseados nos estabelecidos por Golfari (1980) ao fazer um zoneamento bioclimático para o estado do Rio de Janeiro. Para isso foram utilizados os seguintes limiares para cada parâmetro climático conforme tabela 3.

Tabela 3 Parâmetros de classificação climática.

	Subtropical		Tropical			
MDE	> 800m		<i>not</i> subtropical			
Temperatura ¹	< 18°					
	Superúmido	Úmido	Superúmido	Úmido	Subúmido	Subúmido seco
Precipitação ²	> 1500 mm	*	> 1500 mm	> 1200	*	< 1000
Déficit Hídrico	< 30	*	< 30	< 100	*	> 50
	Montanha		Morros, Colinas e Planícies			

¹Temperatura média do mês mais frio; ²Média da Precipitação anual total; * pertinência invertida (*not*) as outras classes

Todos os parâmetros foram modelados pela função “maior que” e “menor que” grau de pertinência. Onde possuem um valor com grau de pertinência de 100 % a partir dele. Na classe tropical superúmido foi determinado grau de pertinência igual a 100 % quando este limite alcançar 50 de déficit hídrico e 2000 mm de precipitação. Na classe tropical úmido que ficou com alto grau de confusão com a classe tropical subúmida, que é classe da não pertinência, determinou-se como 100% de pertinência 50 de déficit hídrico e 1500 mm de precipitação. Já a classe subúmido seco a pertinência do déficit hídrico chega a 100% com o valor de 150 e a da precipitação menor que 900 mm.

Na identificação da classe subtropical superúmido diferentemente das outras ao invés de usar o operador lógico *AND*, ou seja, a pertinência é determinada pela soma dos fatores, fora usado *OR*, ou seja, um parâmetro ou o outro nesse caso, déficit hídrico menor que 30 ou precipitação maior que 1500 mm.

Como resultado, obteve-se uma cartografia preliminar das unidades de paisagens de ordem superior para o Estado do Rio de Janeiro (figura 4), precisando ainda de análise em relação às litologias para consolidação desse nível de classificação da paisagens. A partir

desse ponto, a abordagem metodológica aqui proposta encontra-se pronta para a diferenciação das unidades de ordem inferior.

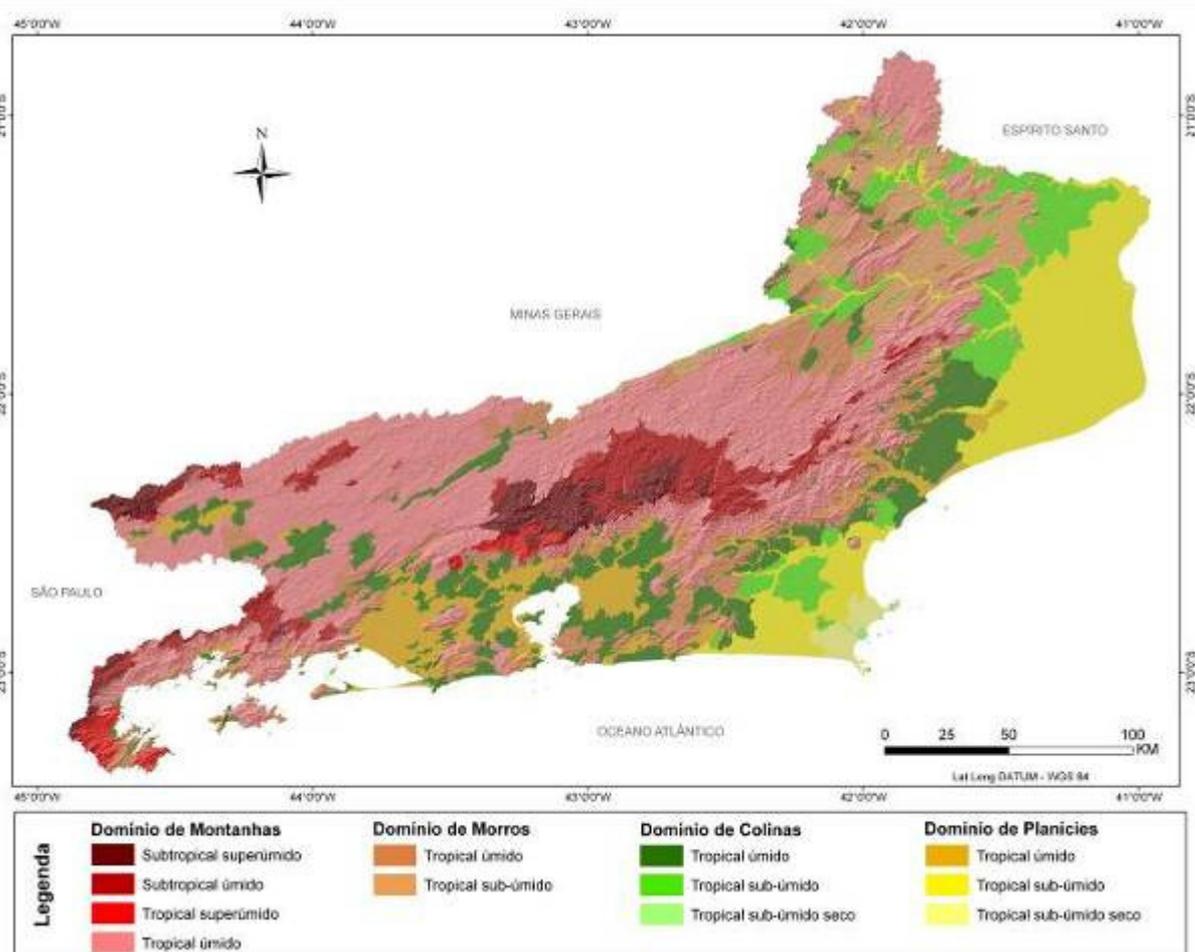


Figura 4. Unidades de paisagem de Primeira Ordem do estado do Rio de Janeiro

4. Conclusões

O mapeamento da paisagem é feito através da análise dos seus componentes e suas relação entre si. O mapeamento dos fatores formadores e de distribuição, que determinam as unidades de ordem superior vem como premissa frente à cartografia dos restantes componentes da paisagem.

O estado do Rio de Janeiro possui grande heterogeneidade de tipos morfológicos, onde consta os quatro macrocompartimentos do relevo. Assim, o SRTM com escala de espacial de 90 metros tornou possível o mapeamento do estado numa escala de detalhe que atende esse objetivo, tornando possível a segmentação das grades de declividade e relevo sombreado gerada a partir desse MDE. A segmentação de subobjetos separou com precisão para a escala 1:100 000 montanhas, morros, colinas e planícies. Sendo completamente plausível trabalhar com a herança de classes em apenas um nível de segmentação. Dentro do algoritmo da segmentação do *Definiens Developer* o mapeamento tornou mais refinado diante dos parâmetros de forma, compacidade, cor e suavidade.

As grades climáticas do *World Clim* de temperatura, precipitação e déficit hídrico com escala espacial de 30 metros respondeu de forma satisfatória para definir os dois grupos climáticos, tropical e subtropical e as seis variações climáticas destes. Pois, a distribuição heterogênea dos dados em suas grandes reflete refletiu a heterogeneidade da natureza quando,

por exemplo, ambientes de clima subtropical foram encontrados no alto da serra do mar, conferindo com mapeamentos de Golfari, porém subestimado.

A modelagem usando a lógica *fuzzy* tornou possível a definição de limiares gráficos, ou seja, a partir dos dados de grande variação foi possível gerar o mapeamento, onde a dificuldade maior é mapear essa imprecisão da morfologia terrestre e principalmente a climática.

Agradecimentos

Ao Instituto de geociências de geociências da Universidade Federal Fluminense, ao Departamento de Geografia e ao programa de pós-graduação em geografia pelo apoio à produção científica. Bem como a infra-estrutura instalada no Laboratório de Geografia Física – (LAGEF) - e os professores envolvidos. A professora Carla Bernadete Madureira Cruz do Departamento de Geografia da Universidade Federal do Rio de Janeiro pelo apoio e contribuições prestadas.

Referências Bibliográficas

Ayoade, J.O. Introdução à climatologia dos trópicos. 5ª Ed. Rio de Janeiro: BCD União de Editoras S. A., 1998. 332p.

Bernardi, H. V. F. et al (2007). Classificação digital do uso do solo comparando os métodos “pixel a pixel” e orientada ao objeto em imagem QuickBird. SBSR - Florianópolis, Brasil, 21-26 abril 2007, INPE, p. 5595-5602.

Hijmans, R.J.; Cameron, S.E.; Parra, J.L.; Jones, P.G. e Jarvis, A. (2005) Very high resolution interpolated climate surface for global land areas. *Int. J. of Climatol.* **25**: 1965-1978

MATEO, J; SILVA, E V; CAVALCANTI, APB (2004) Geoecologia das Paisagens: uma visão geossistêmica da análise ambiental. Editora UFC, Fortaleza, 222p.

THORNTHWAITE, C.W. (1948) An approach toward a rational classification of climate. *Geogr. Rev.*, v.38. p.55-94

PIMENTA, M.L.P; CRONENBERGUER, F.M., MORAIS, N.B.; VICENS. R.S. Mapeamento de formas de relevo utilizando análise orientada a objetos e modelagem do conhecimento em Modelos Digitais de Elevação. In: VIII Simpósio Nacional de Geomorfologia (SINAGEO), 2010, Recife.

THORNTHWAITE, C.W, MATHER J.R. (1955) *The water balance*. Centerton, N.J.: Laboratory of Climatology