

Mapeamento digital de atributos físicos do solo e uso de covariáveis ambientais na região norte e noroeste do Rio de Janeiro

Rodrigues, N. (UFRRJ) ; Santos Reis de Andrade da Silva, C. (UFRRJ) ; Lima, E.S.A. (UFRRJ) ; Sobrinho, N.M.B.A. (UFRRJ) ; Alves, F.X.X. (UFRRJ)

RESUMO

A presente pesquisa teve por objetivo analisar variabilidade espacial dos atributos de argila, areia e silte e a influência das covariáveis ambientais, nas regiões do Norte e Noroeste (RJ). A metodologia baseou-se em: Levantamento bibliográfico; construção do banco de dados; estatística descritiva; e mapeamento digital a partir do modelo preditivo Random Forest, com os programas RStudio (3.6.1), Saga GIS (2.1.2). Os resultados obtidos, apresentaram para as variáveis de argila de R^2 0,45, para areia R^2 0,31 e silte com R^2 0,21. Na predição do modelo, constatou-se predominância das covariáveis Catchment Area, Surface Area e SAVI, sendo as que melhor justificam a variabilidade dos atributos. Portanto, as covariáveis geomorfométricas apresentaram maior desempenho correlação aos índices, sendo uma ferramenta importante planejamento ambiental.

PALAVRAS CHAVES

Pedometria; textura; mineração de dados; inteligência artificial; planejamento ambiental

ABSTRACT

This research aimed to analyze the spatial variability of attributes of clay, sand and silt and the influence of environmental covariates, in the North and Northwest regions (RJ). The methodology was based on: Bibliographic survey; construction of the database; Descriptive statistics; and digital mapping from the Random Forest predictive model, with RStudio (3.6.1), Saga GIS (2.1.2) programs. The results obtained, confirmed for clay variables of R^2 0.45, for sand R^2 0.31 and silt with R^2 0.21. N / A prediction of the model, it was found predominance of the covariates Watershed, Surface Area and SAVI, being as the best justification the variability of the attributes. Therefore, the geomorphometric covariates presented greater functional performance than the indices, being an important environmental planning tool.

INTRODUÇÃO

Nas últimas décadas a busca por informação acerca de atributos do solo no Brasil, tem sido cada vez mais crescente e essencial para planejamento de uso do solo. Nesse contexto, sabemos que, o solo é resultado da função do processo dos fatores de formação atrelado a processos pedogenéticos que atuam com determinados pesos na relação solo e paisagem, fatores esses que elucidam as diversas características do comportamento físico e químico e a variabilidade do solo. A pedometria tem buscado quantificar a variabilidade espacial dos atributos do solo, por meio da combinação de métodos de mapeamento. Os atributos do solo podem ser previstos a partir da posição espacial em grande parte pela interpolação entre locais de observação do solo (McBRATNEY, 2003). A pedometria é denominada como estatística em solos e/ou pedologia quantitativa, os estudos têm buscado a partir de dados mensurados em campo atrelado a outras variáveis ambientais, predizer modelos pedológicos quanto à variação espacial de determinada área (McBRATNEY (2000). Nesse viés de pedometria, diversos trabalhos relacionando a espacialização de atributos físicos e químicos de solos, tem indicado o avanço de instrumentação no campo da ciência do solo (McBRATNEY, 2000; Mendonça, 2007; Ten Caten, 2011). A variabilidade espacial das frações granulométricas está ligada diretamente ao processo de formação do solo e entender como essas frações estão distribuídas espacialmente, principalmente, as partículas primárias areia, silte e argila, possibilita a interpretação da disponibilidade dos elementos químicos no solo (Silva et al., 2010). Os princípios básicos de experimentação e a variabilidade do solo ocorrem de forma aleatória; no entanto, vários estudos têm demonstrado que a variabilidade das propriedades físicas do solo apresenta dependência espacial (Libardi et al. 1986). Entretanto, com intuito de avaliar a variabilidade espacial de atributos

físicos do solo, o objetivo deste trabalho foi avaliar a variabilidade e a correlação com os covariáveis ambientais. Os dados foram avaliados por estatística descritiva e modelo Random Forest (RF).

MATERIAL E MÉTODOS

Os procedimentos metodológicos desse trabalho foram divididos em 4 etapas que consistiram em: 1) Levantamento Bibliográfico; 2) Organização do Banco de Dados; 3) Processamento Digital de Imagens e Documentos Cartográficos; e 4) Mapeamento Digital Aplicado a atributos do solo. As regiões Norte e Noroeste Fluminense localizam-se entre as coordenadas 42°22'14"; 40°57'33" W, e 22°26'21"; 22°45'47" S (Figura 1), e possui uma área total de 17.573 km². Os pontos de amostragem foram definidos com base no algoritmo conditioned Latin Hypercube Sampling, definindo o total de 95 pontos, ressalta-se que o algoritmo tem como critério os planos de informação de acessibilidade, 100 m de estrada e uso e cobertura, proposto por Minasny & McBratney (2006), utilizando informações na profundidade de 0-20 cm. Esta pesquisa utilizou o conjunto de dados de atributos químicos e físicos de solos, resultante do banco de dados de pesquisas realizadas no laboratório de Química e Poluição de Solo-UFRRJ. Os teores das frações granulométricas (frações de areia, silte e argila), conforme métodos propostos por Donagema et al. (2011). A etapa de processamento digital de dados e imagens da área de estudo foi realizada a partir do uso de geotecnologias, utilizando-se como base, o Modelo Digital de Elevação Hidrologicamente Consistente (MDE-HC) com resolução espacial de 30 m, processado no ArcGIS Desktop v. 10.3, a partir de dados primários vetoriais de curvas de nível com equidistância de 10 metros, pontos cotados, hidrografia, extraído da base cartográfica do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE)- escala 1:25.000. As covariáveis geomorfométricas de atributos de terreno foram obtidas a partir do programa System for Automated Geoscientific Analyses (SAGA-GIS v.2.1.2) (CONRAD, 2007). Para o processamento de índices de sensoriamento remoto, foram utilizadas imagens do sensor TM do OLI/ Landsat 8, com resolução espacial de 30 m, órbita/ponto 216-75, obtida em 08/11/2019, disponibilizados National Aeronautics and Space Administration (NASA), United States Geological Survey (USGS). Como critério para seleção das covariáveis foi gerada análise de correlação de Pearson via pacote (Corrplot) no programa RStudio (3.6.1), e selecionadas através da matriz as covariáveis com o valor coeficiente de correlação positivo e negativo maior ou igual a 0,05. Para averiguar a variabilidade espacial dos teores dos elementos, optou-se por trabalhar com modelo regressão, dentre os baseados em árvore de decisão, o Random Forest (RF), considerando o diferencial desse modelo em ranking de importância de covariáveis ambientais. No processamento de validação dos modelos, foi adotado como critério a validação cruzada, via pacote Caret (KUHNS et al. 2017). Os procedimentos estatísticos foram implementados no software R (R Development Core Team, 2014). Nesse sentido, foram ajustados os hiperparâmetros para o modelo RF: número de árvores (ntree), e o número de covariáveis em divisão (mtry), assim adotaram-se como critério os respectivos valores: 500 ntree (default) e 1/3 do conjunto de covariáveis para cada elemento. Frisa-se que, nesta etapa ao total foram utilizadas 18 covariáveis de entrada para utilização nos modelos preditivos, sendo 14 covariáveis geomorfométricas (Catchment Area, Surface Area, Flow Accumulation, Curvature, Profile Curvature, Plan Curvature, Slope, Geomorphos, LS Factor, Topographic Wetness Index (TWI), Convergence Index, Relative Slope (RSP), Terrain Ruggedness (TRI)), e 4 índices (Clay minerals, SAVI, NDVI, Iron Oxide). Os mapas das covariáveis de entrada estão na projeção Coordenadas Geográficas e Datum SIRGAS 2000.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados do Coeficiente Linear de Pearson (r) indicam se as predições apresentaram uma alta correlação positiva ou negativa entre os valores medidos e os valores estimados. Nesse sentido, foram escolhidas as covariáveis com p valor igual ou maior que 0,05. Para avaliar a importância e/ou peso de cada variável (Figura 1), foi utilizado também no software RStudio (v. 3.4) via pacote Corrplot. Deste modo, as frações granulométricas apresentaram, potencialmente, uma tendência para correlação positiva com as covariáveis predictoras topográficas (TWI, LS fator, Convexity) e os índices (NDVI, Clay Minerals, Iron Oxide, SAVI). Esse comportamento, provavelmente, se deve a função de variação explicativa da dinâmica do material quanto ao relevo, sendo considerado como um fator os aspectos: declive; formas de encostas (côncavas, convexas, retilínea); fluxo superficial,

entre outros. Uma das vantagens do modelo Random Forest é a função "VarImport", que tem por objetivo indicar um ranking de medida de importância das covariáveis ambientais preditoras do modelo (Figura 2), adotando como critério " Out of Bag (OOB)", embasado no aumento do erro de predição. Conforme Breiman (2001), a importância relativa das covariáveis preditoras são mensuradas com base no decréscimo da acurácia da predição. De modo geral, as covariáveis preditoras para os modelos apresentaram uma heterogeneidade na composição de seus conjuntos. De acordo com o grau de importância para os atributos do solo, verificou-se que as covariáveis ambientais provenientes de atributos geomorfométricas de relevo, derivadas de MDE -HC, obtiveram maior influência em relação aos índices provenientes das imagens Landsat-8. Nesse sentido, liderando as primeiras posições no ranking por via de regra, destaca-se a covariáveis: Curvature, Catchment Area, Geomorphos, Plan Curvature e das covariáveis provenientes de índices Iron Oxide, SAVI e NDVI, no que tange ao fator de influência sobre a explicação da variabilidade dos atributos (Figura 2). Verificou-se que a conectividade das covariáveis como, por exemplo: Catchment Area, Geomorphons, e Surface Area, foram importantes no que corresponde a dinâmica das frações granulométricas e controle de processos pedogenéticos. Esses resultados corroboram com o processo de transporte superficial e subsuperficial desses elementos, e o comportamento de acúmulo e/ou perda no solo. As covariáveis de índices provenientes de imagem Landsat 8, tais como: NDVI e SAVI, apresentaram baixa influência na variação explicativa dos modelos. Andrade (2010) e Pinheiro (2012), em estudos de áreas adjacentes frisam a menor influência de covariáveis de imagens, e ressaltam a importância das covariáveis provenientes de terreno em seus modelos. Andrade (2010) destaca, no mesmo recorte espacial, porém, via Regressão Linear Múltipla para predição de atributos, observou uma maior influência das covariáveis de relevo (Perfil de curvatura e Índice de Umidade) na região Norte, associado a discussão de variações em diferentes pedoformas, como principal responsável pelas variações de atributos do solo. Na região Noroeste, destacou-se as covariáveis: Elevação; Aspecto, e Índice de Umidade, em associação a característica de relevo movimentado da região influenciando na variabilidade. A validação dos modelos foi pelo método de validação cruzada via pacote Caret. Acerca dos atributos físicos do solo, a fração argila apresentou distribuição homogênea na região do Noroeste, em função da predominância de Argissolos e Latossolos que, apresentam maior conteúdo de argila (SANTOS et al., 2018). Na região Norte, verificou-se pontos acima de 359,51- 401,14 (mg kg⁻¹), próximo a lagoa Feia e outros corpos hídricos, podendo estar associado a áreas de deposição de material provenientes do relevo das partes mais altas visto que, está sob material de depósitos do depósitos neogênicos e Quaternário. A variabilidade espacial da argila é inversamente proporcional à da areia. Para variabilidade da fração areia, verifica-se que, há predominância dessa fração em relevo plano na região do Norte, nesse sentido a pedogênese está associado com o regime climático e o fator de declividade. De acordo com CPRM (2011), o material local tem formação de rochas sedimentares o que explica a predominância da fração areia, atrelado aos aspectos climáticos classificado com Aw, que favorece a via de formação de intemperismo físico-químico, com a presença de solos Neossolo, Gleissolo, Espodossolo, intemperizados. A elevada concentração da fração areia ao Norte, foi correlacionado com à proximidade de canais de rios e solos jovens, conforme também frisado por Pinheiro (2018), em área adjacente na bacia hidrográfica de Macacu. Entretanto, a fração de silte, é dada pela diferença entre as frações de areia e argila, como se observa nas manchas no mapa (Figura 3), apresentando maiores conteúdos nas zonas de agradação ao Norte, sob solos como Gleissolos e Neossolos.

figura 1

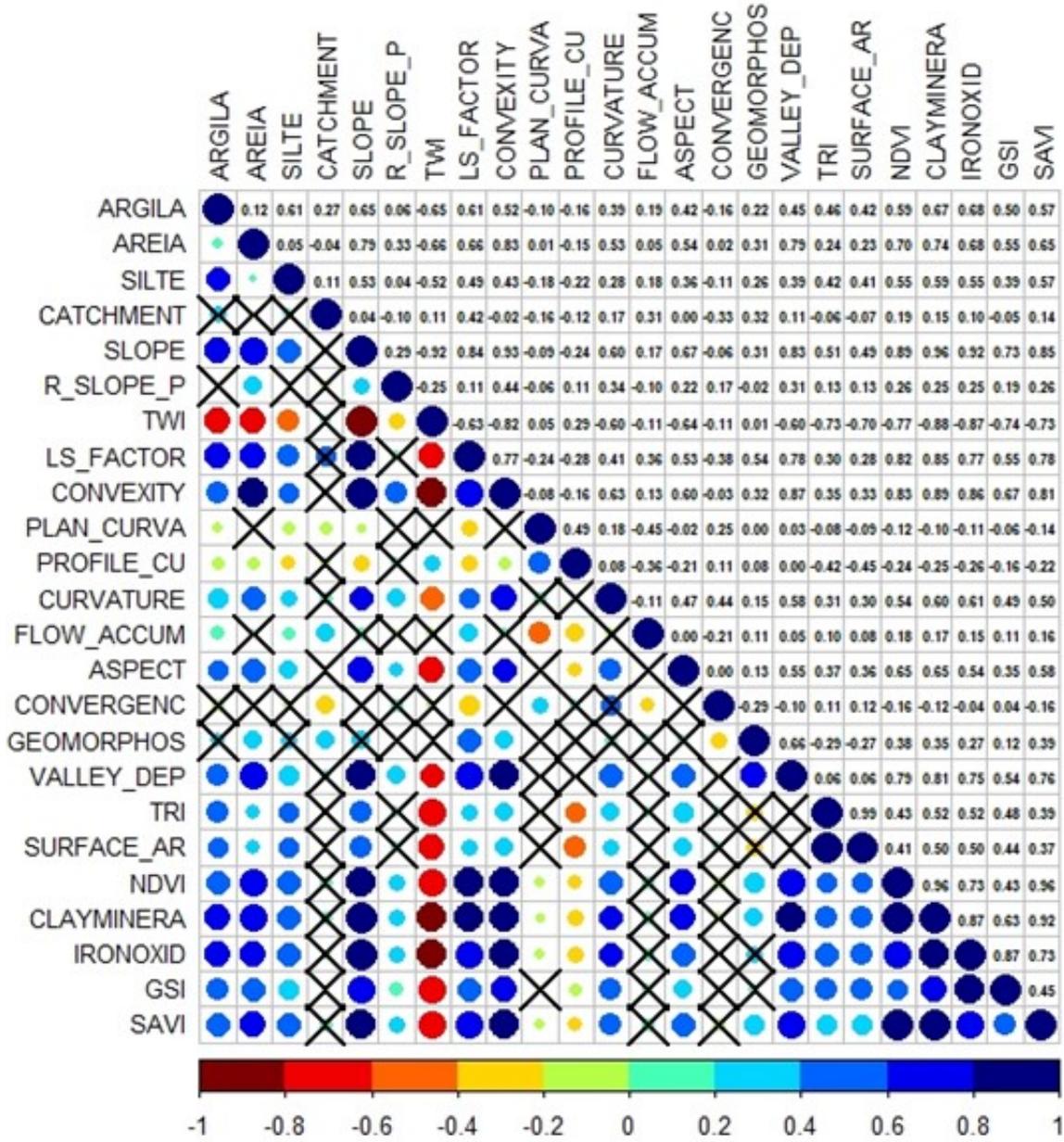


Figura 1. Matriz de correlação entre atributos físicos e covariáveis ambientais

figura 2

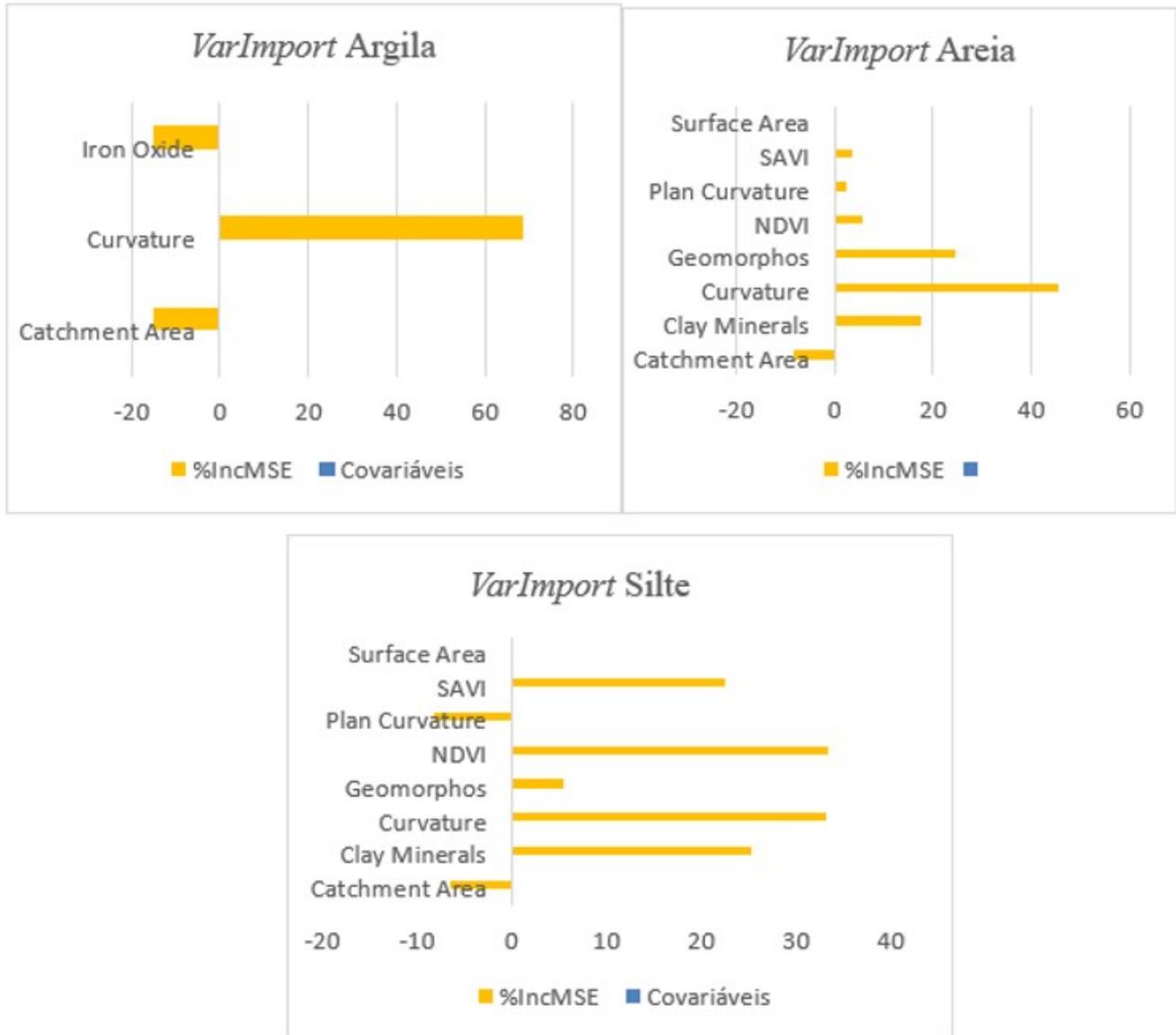


Figura 2. Análise de importância das covariáveis predictoras para os atributos do solo (argila, areia e silte) "VarImport".

figura 3

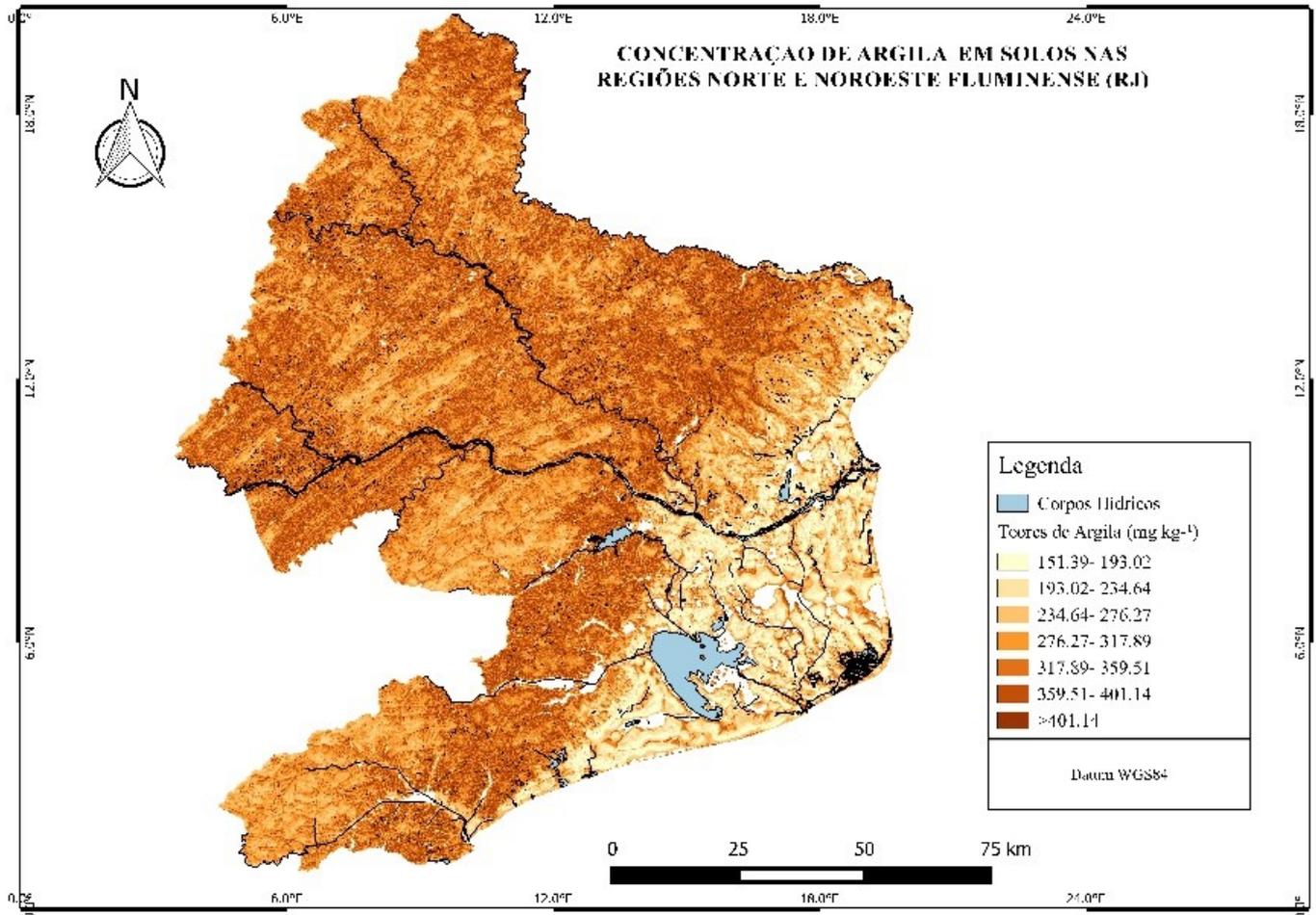


Figura 22. Mapeamento da variabilidade espacial da concentração de argila, areia e silte na camada superficial em solos.

figura 2

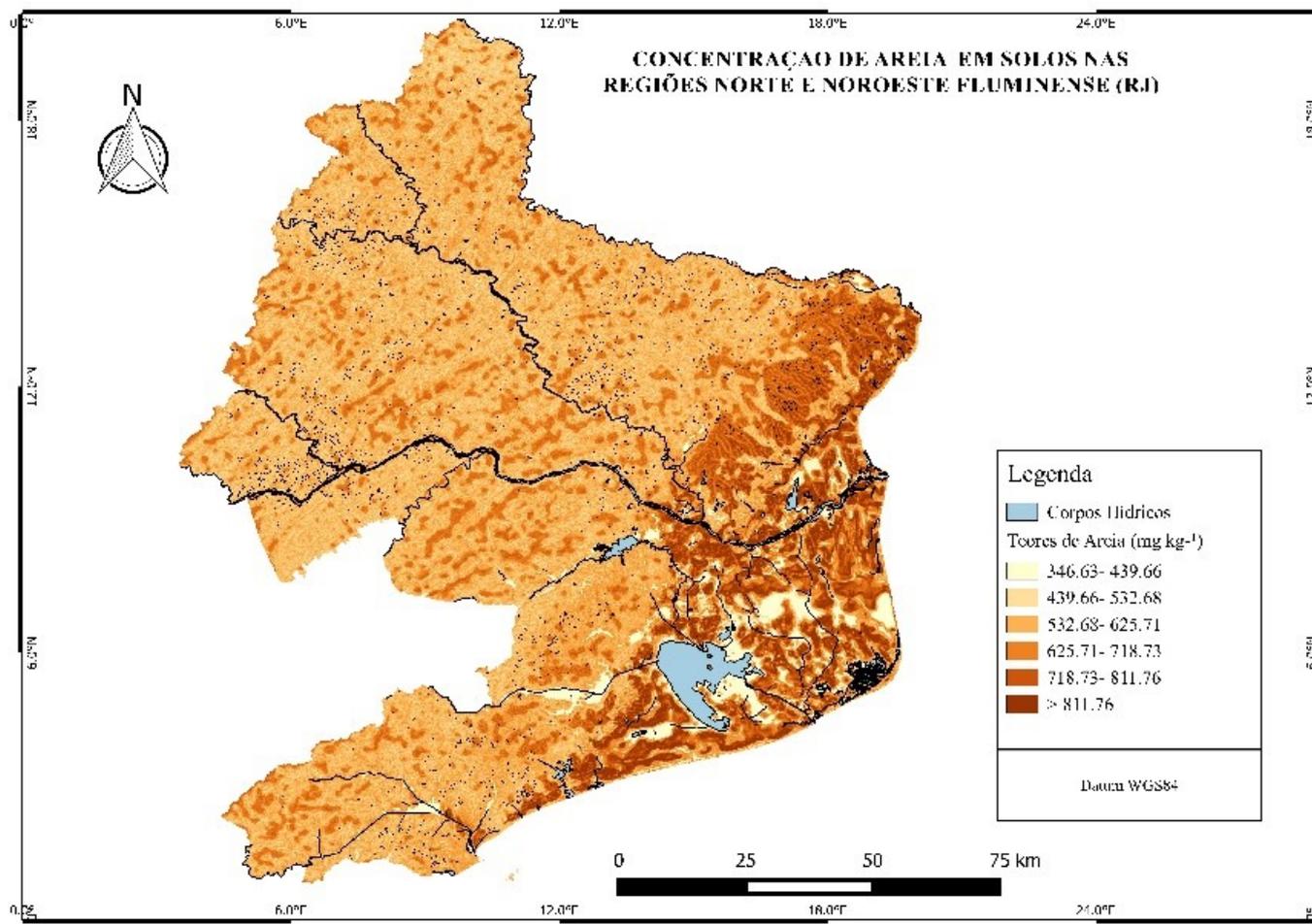


Figura 22. Mapeamento da variabilidade espacial da concentração de argila, areia e silte na camada superficial em solos.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Constatou-se, que a partir do uso do modelo Random Forest que as covariáveis geomorfométricas de terreno (Curvature, Catchment Area, Geomorphos), obtiveram maior potencial preditivo correlação as covariáveis provenientes de sensoriamento remoto. Ressalta-se a necessidade de mapeamento semidetalhado de áreas prioritárias, com delineamento de malha amostral denso espacialmente, em função da eficiência do modelo para a criação de mapas de atributos de solos. Além disso, a variabilidade espacial dos atributos reflete na dinâmica de solo-paisagem, sendo uma boa ferramenta para o planejamento/conhecimento de propriedades do solo e manejo de agroecossistemas.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICA

BREIMAN, L. Random forests. Machine Learning Journal. Hingham, v.45, p. 5-32, jan. 2001.

CARVALHO JUNIOR, W. D., CHAGAS, C. D. S., LAGACHERIE, P., CALDERANO FILHO, B., & BHERING, S. B. Evaluation of statistical and geostatistical models of digital soil properties mapping in tropical mountain regions. Revista Brasileira de Ciência do Solo, v. 38, n. 3, p. 706-717, 2014.

CIDE - Centro de Informações e Dados do Rio de Janeiro. Mapa de uso e cobertura do solo: Estado do Rio de Janeiro. Rio de Janeiro, escala 1:50.000. 2003.

CONRAD, O. SAGA - System für Automatisierte Geowissenschaftliche Analysen. Presentation held at

FOSSGIS 2007, Berlin, Germany, 14. March 2007. Available from:
http://www.fossgis.de/wiki/images/e/eb/Oconrad_fossgis2007_saga.pdf.

CPRM (Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais). Mapa geológico e de recursos minerais do estado do Rio de Janeiro, escala 1:400.000. Belo Horizonte: CPRM, 2016. Disponível em <http://rigeo.cprm.gov.br/xmlui/handle/doc/18458?show=full>. Acessado em 20/12/2019.

DONAGEMMA, G. K.; CAMPOS, D. V. B.; CALDERANO, S. B.; TEIXEIRA, W. G.; VIANA, J. H. M. Manual de métodos de análise de solos. Segunda Edição. Rio de Janeiro, RJ: Embrapa Solos. 2011.

DOS SANTOS, H. G., JACOMINE, P. K. T., DOS ANJOS, L. H. C., DE OLIVEIRA, V. A., LUMBRERAS, J. F., COELHO, M. R.; CUNHA, T. J. F. Sistema brasileiro de classificação de solos. Brasília, DF: Embrapa, 2018.

LIBARDI, P.L.; PREVEDELLO, C.L.; PAULETTO, E.A.; MORAES, S.O. Variabilidade espacial da umidade, textura e densidade de partículas ao longo de uma transeção. Revista Brasileira de Ciência do Solo, Campinas, SP, v.10, n.2, p.85-90, 1986.

KUHN, M.; WING, J.; WESTON, S.; WILLIAMS, A.; KEEFER, C.; ENGELHARDT, A.; COOPER, T.; MAYER, Z.; KENKEL, B.; BENESTY, M.; LESCARBEAU, R.; ZIEM, A.; SCRUCICA, L.; TANG, Y.; CANDAN, C.; HUNT, T. caret: classification and regression training, 2017. Disponível em: <https://cran.r-project.org/package=caret>

MINASNY, B.; McBRATNEY, A. B. A conditioned Latin hypercube method for sampling in the presence of ancillary information. Computers & Geosciences, v. 32. p. 1378-1388. 2006.

PINHEIRO, H. S. K. Mapeamento Digital de Solos por Redes Neurais Artificiais da Bacia Hidrográfica do Rio Guapi-Macacu, RJ. Dissertação (Mestrado em Agronomia, Ciência do Solo) - Instituto de Agronomia, Departamento de Solos, Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Seropédica, RJ. p.151. 2012.

SILVA, L. C.; SILVA, H. C. Geologia do Estado do Rio de Janeiro. In: CPRM. Rio de Janeiro. CPRM - Serviço Geológico do Brasil: Rio de Janeiro. 1CD Rom, 2000.

SILVA, S. A; LIMA, J. S. S.; SILVA, A. F. Variabilidade espacial do fósforo e das frações granulométricas de um Latossolo Vermelho Amarelo. Revista Ciência Agrônômica, 41:1-8, 2010.