

OBJETIVOS DE
DESENVOLVIMENTO
SUSTENTÁVEL

12 CONSUMO E
PRODUÇÃO
RESPONSÁVEIS



COMUNICADO
TÉCNICO

82

Rio de Janeiro, RJ
Dezembro, 2022

Embrapa

Harmonização de mapas de solos da mesma escala

Jesus Fernando Mansilla Baca
Gustavo de Mattos Vasques
Ricardo de Oliveira Dart
Murillo Freire Júnior
Aline Pacobahyba de Oliveira
Sebastião Barreiros Calderano
Enio Fraga da Silva
José Coelho de Araújo Filho
José Silva de Souza

Harmonização de mapas de solos da mesma escala¹

¹ Jesus Fernando Mansilla Baca, engenheiro cartógrafo, doutor em Geografia, pesquisador da Embrapa Solos, Rio de Janeiro, RJ. Gustavo De Mattos Vasques, engenheiro florestal, doutor em Ciência do Solo, pesquisador da Embrapa Solos, Rio de Janeiro, RJ. Ricardo de Oliveira Dart, geógrafo, mestre em Geografia, analista da Embrapa Solos, Rio de Janeiro, RJ. Murillo Freire Júnior, engenheiro-agrônomo, doutor em Ciência dos Alimentos, pesquisador da Embrapa Agroindústria de Alimentos, Rio de Janeiro, RJ. Aline Pacobahyba de Oliveira, engenheira-agrônoma, doutora em Solos e Nutrição de Plantas, pesquisadora da Embrapa Solos, Rio de Janeiro, RJ. Sebastião Barreiros Calderano, geólogo, mestre em Geologia de Engenharia e Ambiental, pesquisador da Embrapa Solos, Rio de Janeiro, RJ. Enio Fraga da Silva, engenheiro-agrônomo, doutor em Agronomia, pesquisador da Embrapa Solos, Rio de Janeiro, RJ. José Coelho de Araújo Filho, engenheiro-agrônomo, doutor em Geoquímica e Geotectônica, pesquisador da Embrapa Solos UEP Recife, PE. José Silva de Souza, técnico em geoprocessamento, assistente da Embrapa Solos, Rio de Janeiro, RJ.

Introdução

O Brasil compete nos mercados internacionais com outros países oferecendo suas “commodities”, resultado da produção agropecuária para incrementar sua balança comercial de forma positiva. Porém, esta situação deve ser sustentável fazendo que além de bons retornos econômicos também devam ser preservados seus recursos naturais principalmente o solo, que é o principal suporte das atividades agropecuárias. A situação deste recurso é crítica no Brasil que somente conta com mapeamento de solos de todo o território na escala 1:250.000. Para ter ideia do que isto significa comparado com os Estados Unidos de América, com quem compete no comércio internacional, a diferença do mapeamento é aproximadamente da ordem 100 vezes mais detalhado em relação ao Brasil. Isto pode ser evidenciado na literatura (Santos et al., 2013)

que mostra a escalas detalhadas de 1:25.000 a 1:100.000 o mapeamento de solos é menos de 2% e escalas 1:100.000 a 1:250.000 não cobre 10% do território nacional.

Esta situação não é única no Brasil e no mundo, portanto, através da Organização das Nações Unidas (ONU) foi aprovado no ano de 2013, o 5 de dezembro de cada ano como “O Dia Internacional do Solo” para pôr em evidência a situação e importância deste recurso natural. No Brasil, resultado de um conjunto de ações técnicas e políticas, foi criado o Programa Nacional de Levantamento de Solos – PronaSolos (Polidoro et al., 2016). Este programa objetiva realizar levantamentos de solos nas escalas: 1:100.000, 1:50.000 e 1:25.000 e, assim, espera-se ter resultados feitos por diferentes equipes, regiões e tempos que precisam ser harmonizados. O projeto Sistema Embrapa 10.19.03.058.00.00 DHSolos:

“Metodologia para a produção de mapas preliminares de solos em escalas mais detalhadas a partir de mapas menos detalhados e harmonização de mapas (DHSolos)”, em desenvolvimento, trabalha para produzir metodologia e ferramenta que ajude a realizar esta tarefa de forma sistematizada e automatizada e isto é apresentado resumidamente no presente documento.

Este trabalho atende ao Objetivo de Desenvolvimento Sustentável (ODS) 12 – Assegurar padrões de produção e de consumo sustentáveis, estipulado pelas Nações Unidas (ONU), mais especificamente à meta 12.2, que pretende, até 2030, alcançar a gestão sustentável e o uso eficiente dos recursos naturais.

Aspectos conceituais da metodologia

Com o tamanho (dimensão continental do território brasileiro) e urgência de mapeamento de solos (conhecimento de solos) os trabalhos desenvolvidos neste projeto tratam de aproveitar o conhecimento dos cientistas de solos brasileiros e que deixaram o legado de dados existentes. Com isso, é possível extrair conhecimentos que modelados com as modernas técnicas computacionais da Inteligência Artificial permitem automatizar e sistematizar a produção de mapas que ajudem na tarefa de harmonização de mapas produzidas nas escalas 1:100.000, 1:50.000 e 1:25.000, conforme previsto no PronaSolos e para outros programas futuros. Conceitos de

produção de mapas, tais como: escala, unidade de mapeamento, unidade mínima de mapeamento, e outras, são fundamentais no desenvolvimento do trabalho. Considerando que as informações espaciais de imagens de satélite e similares, são as mais disponíveis cobrindo o território brasileiro empregou-se a metodologia OBIA “Object-Based Image Analysis” (Blaschke; Hay, 2001) para analisar objetos espaciais ao invés de pixels de imagens. Também e, não menos importantes, as técnicas de Mapeamento Digital dos Solos (Hartemink et al., 2008) foram aplicadas no desenvolvimento do trabalho. Na harmonização de mapas deve ser considerado que cada mapa produzido necessita estar harmonizado com os mapas vizinhos na mesma escala e, também, com escalas menos detalhadas de maneira que exista compatibilidade e harmonia em geral. Exemplificando, um mapa de solos na escala 1:100.000 precisa ter harmonia com outros mapas vizinhos nessa escala, assim como com os mapas de solos na escala 1:250.000 que espacialmente o cubra. Similarmente, mapas em outras escalas como de 1:50.000 necessitam ter compatibilidade e harmonia com vizinhos na mesma escala e com o de 1:100.000, assim sucessivamente. Como instrumento a ser utilizado na tarefa de harmonização, o projeto DHSolos desenvolve uma metodologia para produzir mapas de solos harmonizados em suas escalas.

O projeto em palavras simples

Considerando que o Mapeamento de Solos é feito numa determinada área, a nomenclatura da Carta Internacional do Mundo ao Milionésimo – CIMM (IBGE, 1993) ajuda no planejamento e execução do trabalho, porque permite conhecer os limites da área de trabalho que está relacionada a outros mapeamentos no Brasil.

Assim, qualquer área e escala pode ser definida. Na escala 1:250.000, o estado de Rio de Janeiro está coberto pelas folhas SF23 e SF24. Portanto, para produzir um mapa nesta região e escala conhece-se qual área e parâmetros cartográficos são correspondentes, além dos mapas vizinhos, para fins de compatibilidade e harmonização. No presente trabalho é apresentado o Mapa de Solos do Estado do Rio de Janeiro, que serve como exemplo para a harmonização e compatibilidade de mapas e suas escalas.

Materiais e métodos

Foi usado o Mapa de Solos do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE) disponibilizado (https://geofp.ibge.gov.br/informacoes_ambientais/pedologia/vetores/escala_250_mil/versao_2021/). Este mapa possui informação espacial definida pelas Unidades de Mapeamento (UM) e a correspondente descrição de atributos em tabelas no formato “dbf”. Também foram usadas Covariáveis Ambientais

que cobrem todo o território brasileiro. A parte computacional foi desenvolvida empregando, principalmente, a linguagem de programação Python (Santos et al., 2022) e o Sistema de Informação Geográfica QGIS. GRASS GIS (Neteler; Mitasova, 2004).

Covariáveis ambientais

No modelo SCORPAN (McBratney et al., 2003), cada uma das letras tem a seguinte representação: s: solo, outras propriedades do solo num ponto; c: clima, propriedades climáticas do ambiente; o: organismos, vegetação, fauna ou atividades humanas; r: topografia, atributos da paisagem; p: material de origem, litologia; a: idade, factor tempo; n: espaço, posição espacial. Foram coletados 18 tipos de dados que contribuem com os “fatores de formação” dos solos segundo o modelo exposto. Estes dados tem a característica de cobrir todo o território brasileiro. Foi aplicada uma análise estatística nos dados para reduzir a inclusão de dados incorretos, estes foram normalizados em valores de 1 a 10.000 e empilhados em 18 camadas num arquivo para uso posterior.

Procedimentos de segmentação

O arquivo das covariáveis empilhadas são imagens com valores digitais em pixels de 90 m de lado com 18 valores (cada covariável) em cada posição. Houve a segmentos tem uma codificação que o

de 5.000 linhas por 5.000 colunas ou próximos, por questões computacionais.

Sobre cada um destes blocos foi aplicado uma segmentação de imagens para criar áreas homogêneas (segmentos) conforme mostra a Figura 1 A. Estes segmentos tem uma codificação que o identifica dos demais e é a base para aplicar processos sobre objetos (segmentos), segundo a metodologia OBIA. Em continuidade, os processos segmentados, ainda em forma de imagens, são vetorizados

convertendo os segmentos em polígonos com formato vetorial e mantendo o código dos segmentos (Figura 1 B). O processo seguinte é a obtenção de Estatísticas Zonais de cada um dos polígonos no arquivo das 18 covariáveis, tais como: número de pixels, média, mediana, desvio padrão, maior, menor, etc. em total de 12 estatísticas para cada polígono (Figura 1 C). São estas 216 estatísticas as descritoras de cada segmento (polígono) e sobre as quais serão realizados os procedimentos de classificação.

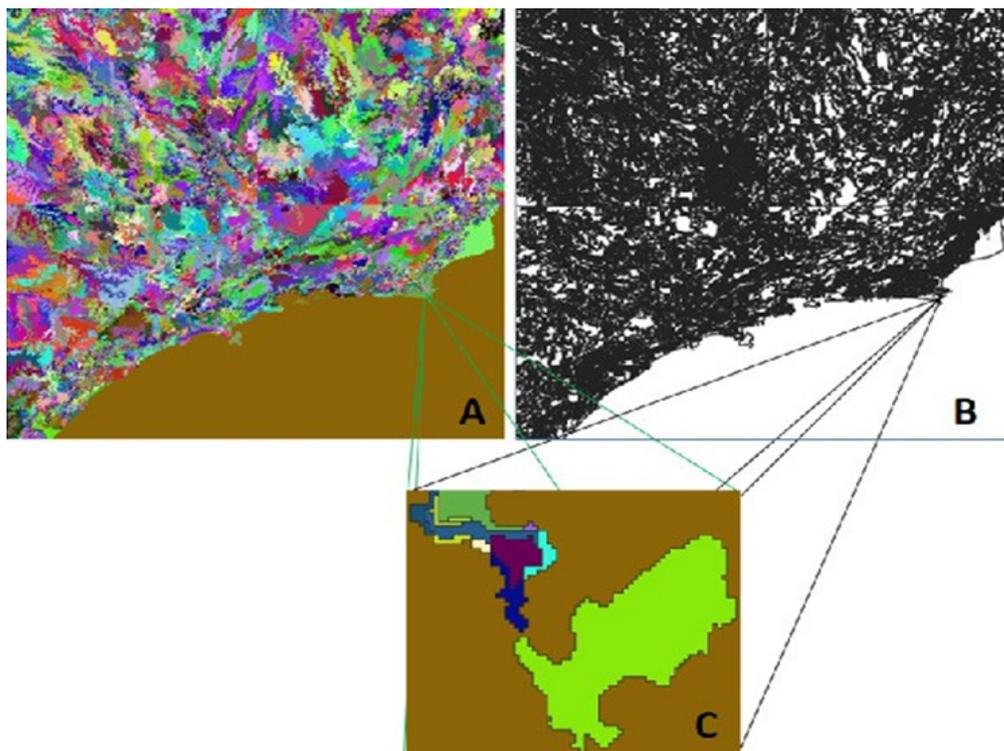


Figura 1. Imagem de bloco do Estado do Rio de Janeiro. Imagem Segmentada (A), Imagem Poligonizada (B), Zoom de Segmentos (C).

Procedimento para formação das amostras

O Mapa de Solos do IBGE possui Unidades de Mapeamento (UM) com a quantidade de componentes correspondentes, assim, foram selecionadas as Unidades de Mapeamento com um (1) componente, pois estas unidades seriam homogêneas representando uma classe de solos. Foram obtidos resultados em várias classes de solos que tinham poucas UM com apenas um componente. Com isso, selecionou-se também as UM com 2 componentes sendo o componente Dominante o da busca. Estes últimos, com 2 componentes, não são os mais adequados porque, ainda que dominante, tem mistura com o outro componente. Além das 13 classes de solos, segundo o segundo o Sistema Brasileiro de Classificação de Solos - SiBCS (Santos et al., 2018), foram agregadas: Afloramento de Rochas, Área Urbana, Corpo d'água continental e Dunas, totalizando 17 classes. As classes incorporadas à análise foram consideradas por formarem polígonos e, portanto, estarem presentes no mapeamento. Feitas a seleção de polígonos como amostras, foram selecionados de forma aleatória 100 amostras. Algumas classes não chegavam a completar os 100 polígonos e, assim, foram considerados os existentes. A menor classe apresentou 66 polígonos. De posse destas amostras selecionadas foi aplicado o mesmo processo de extração de Estatísticas Zonais, conforme

realizado anteriormente para os segmentos. Isto torna-se necessário, tendo em vista que o procedimento incide sobre as mesmas estatísticas, tanto para treinamento do modelo quanto para posterior predição. Nestas estatísticas para cada polígono foi acrescentado um código de 1 a 17 para reconhecimento na classificação das Estatísticas Zonais e correspondência com a classe, para fins de construção do modelo.

Procedimento modelagem da classificação

Com os dados amostrais selecionados, foi escolhido o modelo XGBoost (Bentéjac et al., 2021) para realizar a classificação, porque a literatura indica como um dos melhores para classificação e pela facilidade que oferece esta biblioteca na aprendizagem e aplicação. Tudo foi desenvolvido em linguagem de programação Python empregando as "libraries": xgboost, numpy, pandas, sklearn, seaborn.

Foram partilhadas 75% das amostras para treinamento e 25% para teste. Após a criação do modelo e aplicação de uma média de 10 validações cruzadas, obteve-se 71,23% o que representa a capacidade de generalização do modelo. Considerando que parte das amostras tem uma mistura de dois componentes sendo declarado somente o componente dominante, indica que pode ter levado a diminuição da porcentagem.

Foram utilizados 385 dados de teste do conjunto de amostras selecionadas

aleatoriamente e após aplicação do modelo houve a coincidência de 282 dados, resultando num acerto do 73.25%, o que mostra a bondade do modelo utilizado. O resultado gráfico é apresentado na Figura 2 (Cartograma da Classificação de Solos do Estado do Rio de Janeiro). O trabalho de crítica e validação dos resultados são as próximas etapas a serem realizadas pela equipe do projeto, onde as recomendações serão incorporadas na modelagem para, num processo iterativo, lograr os melhores resultados quanto possíveis.

O cartograma (Figura 2) não apresenta toda a riqueza de informação, assim apresenta-se a Figura 3 na qual pode-se observar mais detalhes do Cartograma, O resultado final do projeto será a apresentação de um Mapa. Deve-se consi-

derar que este é um projeto em desenvolvimento e estes são resultados preliminares, mostrando o estado do desenvolvimento do projeto. Contudo, a partir disso, objetiva-se: a) melhorar o modelo com outras covariáveis; b) escolher dentre cada classe as que mostrem maior homogeneidade; c) balancear o número de amostras por classe e outros procedimentos que melhorem os resultados finais. Finalmente, no projeto está previsto além de Rio de Janeiro, trabalhar os Estados de Alagoas, Mato Grosso do Sul, Minas Gerais, Paraíba e Pernambuco. A ampliação do projeto oportunizará a contemplação de todas as Unidades da Federação.

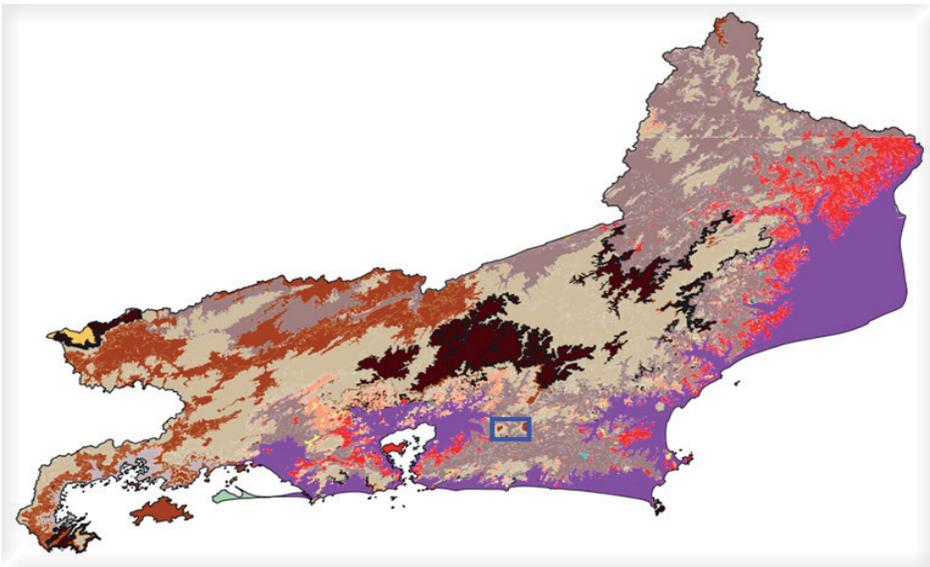


Figura 2. Cartograma do Mapa de Solos de Rio de Janeiro.

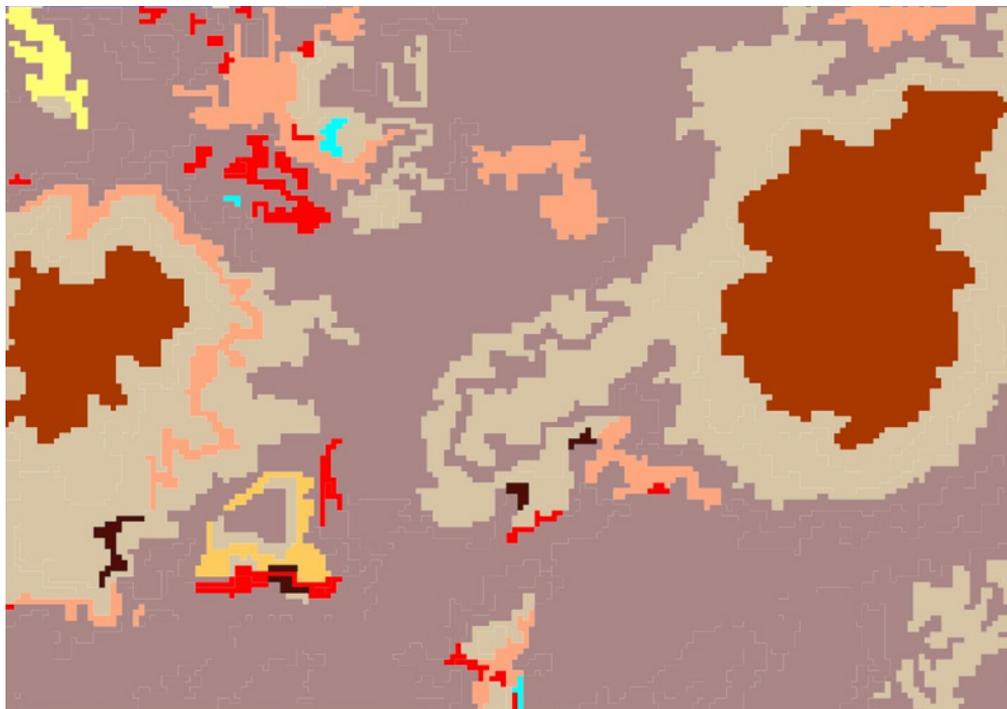


Figura 3. Zoom de uma área do cartograma da Figura 2.

Considerações finais

O documento apresenta o desenvolvimento de um modelo inserido no projeto DHSolos correspondendo a harmonização de mapas de solos de uma região dentro de uma mesma escala, aproveitando o legado de conhecimento embutido nos mapas de solos e modelados nas modernas técnicas da inteligência artificial. Considerando o custo e o tempo necessário para realizar este trabalho, empregando as técnicas tradicionais, os resultados obtidos deste projeto resultam em altos ganhos na forma de fazer o mapeamento de solos. No entanto, os autores acreditam ser fundamental o

trabalho de campo, escritório e laboratoriais que continuam sendo fundamentais para alcançar melhores resultados.

Sendo um projeto em andamento e levando em consideração os resultados iniciais, os resultados finais devem apresentar melhores índices de acuridade. Para isto, as amostras com 2 ou mais componentes devem ser trabalhadas para separar os componentes dominantes dos demais, o que diminuirá a mistura de uma classe com outra. Também devem ser testadas outras covariáveis que aumentem os ganhos nos resultados.

É importante ressaltar que para o andamento dos trabalhos é necessário o apoio computacional para o projeto. Este tipo de trabalho, com imagens de todo o território brasileiro, utiliza arquivos da ordem das centenas de Gigabytes (Gb), como exemplo, um arquivo com as 18 covariáveis resulta em um arquivo de 100 Gb e sua execução na máquina existente necessita de vários dias de trabalho.

Este projeto em andamento colabora com a proposta do PronaSolos para o mapeamento de solos de todo o território brasileiro em escalas adequadas, ou seja, escala 1:25.000 ou maiores. Portanto, o uso de imagens CBERS4, disponíveis em pixels de 8m em imagens coloridas e 2m em imagens pancromáticas, possibilita afirmar que o Brasil dispõe de material e ferramentas para melhorar o mapeamento de solos e ter como meta o Mapeamento de Solos na escala 1:25.000, o que contribui para o Desenvolvimento Sustentável.

Referências

- BENTÉJAC, C.; CSÖRGŐ, A.; MARTINEZ-MUÑOZ, G. A comparative analysis of gradient boosting algorithms. **Artificial Intelligence Review**, v. 54, n. 3, p. 1937-1967, 2021. DOI: <https://doi.org/10.1007/s10462-020-09896-5>.
- BLASCHKE, T.; HAY, G. J. Object-oriented image analysis and scale-space: theory and methods for modeling and evaluating multiscale landscape structure. **International Archives of Photogrammetry and Remote Sensing**, v. 34, pt. 4/W5, p. 22-29, 2001. Disponível em: https://www.isprs.org/proceedings/xxxiv/4-w5/pdf/blaschke_hay.pdf. Acesso em: 18 nov. 2022.
- HARTEMINK, A. E.; MCBRATNEY, A.; MENDONÇA-SANTOS, M. de L. (ed.). **Digital soil mapping with limited data**. New York: Springer, 2008. 445 p. DOI: <https://doi.org/10.1007/978-1-4020-8592-5>.
- IBGE. **Manual de normas, especificações e procedimentos técnicos para a carta internacional do Mundo, ao Milionésimo - CIM 1:1 000 000**. Rio de Janeiro, 1993. 63 p. (Manuais técnicos em geociências, n. 2). Disponível em: <https://biblioteca.ibge.gov.br/visualizacao/livros/liv23847.pdf>. Acesso em: 18 nov. 2022.
- MCBRATNEY, A. B.; MENDONÇA-SANTOS, M. L.; MINASNY, B. On digital soil mapping. **Geoderma**, v. 117, n. 1/2, p. 3-52, Nov. 2003. DOI: [https://doi.org/10.1016/S0016-7061\(03\)00223-4](https://doi.org/10.1016/S0016-7061(03)00223-4).
- NETELER, M.; MITASOVA, H. **Open source GIS: a GRASS GIS approach**. 2nd ed. New York: Springer, 2004. 424 p. DOI: <https://doi.org/10.1007/b106573>.
- POLIDORO, J. C.; MENDONÇA-SANTOS, M. de L.; LUMBRERAS, J. F.; COELHO, M. R.; CARVALHO FILHO, A. de; MOTTA, P. E. F. de; CARVALHO JUNIOR, W. de; ARAUJO FILHO, J. C. de; CURCIO, G. R.; CORREIA, J. R.; MARTINS, E. de S.; SPERA, S. T.; OLIVEIRA, S. R. de M.; BOLFE, E. L.; MANZATTO, C. V.; TOSTO, S. G.; VENTURIERI, A.; SA, I. B.; OLIVEIRA, V. A. de; SHINZATO, E.; ANJOS, L. H. C. dos; VALLADARES, G. S.; RIBEIRO, J. L.; MEDEIROS, P. S. C. de; MOREIRA, F. M. de S.; SILVA, L. S. L.; SEQUINATTO, L.; AGLIO, M. L. D.; DART, R. de O. **Programa Nacional de Solos do Brasil (PronaSolos)**. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2016. 53 p. (Embrapa Solos. Documentos, 183). Disponível em: <http://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/156792/1/Doc-183-Programa-Nacional-de-Solos-do-Brasil.pdf>. Acesso em: 18 nov. 2022.
- SANTOS, H. G. dos; AGLIO, M. L. D.; DART, R. de O.; MENDONÇA-SANTOS, M. de L.; SOUZA, J. S. de; MENDONÇA, L. R. Distribuição espacial dos níveis de levantamento de solos no Brasil. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA DO SOLO, 34., 2013, Florianópolis. **Ciência do solo: para quê e para quem?** [Anais...] Viçosa, MG: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2013. Disponível em: <http://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/88902/1/distribuicao-espacial.pdf>. Acesso em: 18 nov. 2022.

SANTOS, H. G. dos; JACOMINE, P. K. T.; ANJOS, L. H. C. dos; OLIVEIRA, V. A. de; LUMBRERAS, J. F.; COELHO, M. R.; ALMEIDA, J. A. de; ARAUJO FILHO, J. C. de; OLIVEIRA, J. B. de; CUNHA, T. J. F. **Sistema Brasileiro de Classificação de Solos**. 5. ed. rev. e ampl. Brasília, DF: Embrapa, 2018. 356 p. Disponível em: <http://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/199517/1/SIBCS-2018-ISBN-9788570358004.pdf>. Acesso em: 18 nov. 2022.

SANTOS, J. G. M. dos; SIMÕES, J. L. D. R.; RAMOS, D. N. da S.; EICHHOLZ, C. W. **Aplicações de Python em geociências**. São José dos Campos: INPE, 2022. 174 p. Disponível em: <http://urlib.net/8JMKD3MGP3W34T/46RTMU5>. Acesso em: 18 nov. 2022.

Embrapa Solos

Rua Jardim Botânico, n°1024
Jardim Botânico, Rio de Janeiro, RJ
CEP: 22460-000
Fone: +55 (21) 2179-4500

www.embrapa.br

www.embrapa.br/fale-conosco/sac

1ª edição

Publicação digital - PDF (2022)



MINISTÉRIO DA
AGRICULTURA, PECUÁRIA
E ABASTECIMENTO



Comitê Local de Publicações

Presidente

Silvio Barge Bhering

Secretário-Executivo

Marcos Antônio Nakayama

Membros

Bernadete da Conceição Carvalho Gomes

Pedreira, David Vilas Boas de Campos,

Evaldo de Paiva Lima, José Francisco

Lumbreras, Joyce Maria Guimarães Monteiro,

Lucia Raquel Queiroz Pereira da Luz,

Maurício Rizzato Coelho,

Wenceslau Geraldtes Teixeira

Supervisão editorial

Marcos Antônio Nakayama

Normalização bibliográfica

Luciana Sampaio de Araújo (CRB 7/5165)

Projeto gráfico da coleção

Carlos Eduardo Felice Barbeiro

Editoração eletrônica

Beatriz Regina de Figueiredo

Capa

Beatriz Regina de Figueiredo