



Confiabilidade de um Mapeamento Digital de Solos: Caso do Município de São João do Polêsine, RS.

Ândrea Machado Pereira Franco⁽²⁾; Ricardo Simão Diniz Dalmolin⁽³⁾; Jean Michel Moura - Bueno⁽⁴⁾; Pedro Paulo Ramos Ribeiro Nascimento

⁽¹⁾ Projeto PNPd Financiado pela CAPES

⁽²⁾ Pós- Doutorado no Programa de Pós- Graduação em Ciência do solo (PPGCS); Universidade Federal de Santa Maria (UFSM); Santa Maria, RS; email: pfranco20@hotmail.com; ⁽³⁾ Professor Associado do Departamento de Solos da UFSM; ⁽⁴⁾ Doutorando no PPGCS da UFSM; Mestrando no PPGCS da UFSM.

RESUMO: O mapeamento digital de solos (MDS) é uma ferramenta que vêm contribuindo para a obtenção de mais informações sobre os solos brasileiros, favorecendo os levantamentos de solos em escalas compatíveis ao planejamento agrícola. O MDS baseia-se na geração de sistemas de informações que permitem estabelecer relações matemáticas entre variáveis ambientais e classes de solos para prever a distribuição espacial tanto dessas classes como atributos de solos. Neste contexto, objetivo deste estudo foi avaliar a acurácia entre o MDS gerado e o mapa de solos obtido pelo método tradicional, utilizando o índice Kappa e a exatidão global. O estudo foi realizado no município de São João do Polêsine, localizada na zona de transição entre o Planalto e a Depressão Central, denominada Rebordo do Planalto do Rio Grande do Sul. As variáveis ambientais foram obtidas do MDE e da base cartográfica vetorial contínua do Rio Grande do Sul. A acurácia do MDS medida através do índice Kappa foi classificada como boa e a exatidão global classificou o MDS gerado como de reconhecimento de baixa intensidade. Classes de solos com maior representatividade são melhores representadas no MDS gerado.

Termos de indexação: atributos do terreno, MDS, Kappa

INTRODUÇÃO

A distribuição espacial das classes de solos é de fundamental importância para o uso e manejo sustentável deste recurso natural, a fim de minimizar possíveis problemas ambientais pelo uso inadequado realizado pelo homem. Assim, o mapeamento digital de solos (MDS) é uma ferramenta que vêm contribuindo para a obtenção de mais informações sobre os solos brasileiros, favorecendo os levantamentos de solos em escala compatível ao planejamento agrícola. Além disso, torna os levantamentos de solo menos onerosos, demorados e mais frequentes quando comparados ao levantamento de solo tradicional (McBratney et al., 2003).

O mapeamento digital de solos (MDS), assim denominado por basear-se na geração de sistemas de informações que permitem estabelecer relações matemáticas entre variáveis ambientais e classes de solos para prever a distribuição espacial tanto dessas classes como atributos de solos (Coelho & Giasson, 2010).

Dentre as covariáveis ambientais extraídas do modelo digital de elevação (MDE), as mais utilizadas e que estão relacionadas com o fator de formação do solo relevo são: declividade, curvatura planar, curvatura do perfil, fator topográfico, índice de umidade topográfica entre outras (Willson & Gallant, 2000).

O objetivo deste estudo foi avaliar a acurácia entre o MDS gerado e o mapa de solos obtido pelo método tradicional, utilizando o índice Kappa e a exatidão global.

MATERIAL E MÉTODOS

Descrição da área

A área de estudo é o município de São João do Polêsine, localizada na zona de transição entre o Planalto e a Depressão Central, denominada Rebordo do Planalto do Rio Grande do Sul, com 90 Km². A área apresenta um relevo que oscila de ondulado a montanhoso e altitude variando entre 200 a 400 metros.

Os principais solos da área de estudo são Gleissolo Háplico, Cambissolo Háplico, Argissolo Vermelho, Planossolo Háplico, Argissolo Acinzentado, Neossolo Regolítico e ainda ocorrem associações como: Argissolo Vermelho + Cambissolo Háplico + Neossolo Litólico, Argissolo Bruno Acinzentado + Neossolo Litólico, Argissolo Vermelho + Argissolo Vermelho-Amarelo e Argissolo Vermelho + Argissolo Acinzentado (Klamt et al., 1997)

Mapa de treinamento

O mapa de treinamento foi obtido utilizando-se o mapa de solos existente, onde foi demarcado um conjunto de 562 pontos sobre as áreas de solos previamente determinadas.



Obtenção e processamento das covariáveis ambientais

O modelo digital de elevação (MDE) foi obtido a partir das curvas de nível, disponíveis na base cartográfica vetorial contínua do Rio Grande do Sul na escala de 1:50.000 (Hasenack & Weber, 2010).

A partir do MDE obteve-se as covariáveis ambientais: elevação (ELEV), sombreamento (SOMB), declividade do terreno (DECL), aspecto (ASPECT), índice de umidade topográfica (IUT), nível base da rede de drenagem (NBRD), índice de convergência (CONV), distância vertical da rede de drenagem (DIST), posição relativa da declividade (PRD), curvatura da superfície (CGERAL), curvatura planar (CPLAN) e profundidade do vale (PROF) obtidas de acordo com a metodologia descrita em Willson & Gallant (2000). A derivação dessas covariáveis foi realizada no Programa SAGA-GIS utilizando a ferramenta *terrain analysis*.

Mineração de dados e obtenção do MDS

A árvore de decisão utilizando o algoritmo J48 foi gerada no programa Weka 3.7 (Hall et al., 2009). A AD foi gerada para um grupo de dez covariáveis. Entre as configurações internas para da AD foi especificado o número mínimo de objetos (*minNumObj*) por folha igual a dois e selecionada a opção verdadeira para a poda da árvore (*reducedErrorPruning=True*), que é necessária para diminuir a extensão e complexidade da mesma.

A conversão da AD para o entendimento no Sistema de Informações Geográficas (SIG) foi realizada no programa ADtoSIG (Ruiz et al., 2012). O arquivo de saída do ADtoSIG gera o MDS. No programa Quantum GIS 2.2.0, utilizou-se a ferramenta *Accuracy Assesment* para gerar a matriz de confusão, oriunda da relação entre o MDS de treinamento e o de validação. O mapa de validação utilizado como referência foi o mapa obtido pelo levantamento de solos convencional.

Acurácia do MDS gerado

A partir da matriz de confusão (Tabela 1), com um total de 562 amostras identificadas no mapa de treinamento foi possível obter a acurácia do MDS gerado através da análise de concordância entre o mapa de treinamento e o mapa de validação. O mapa de validação foi obtido através da demarcação de um grupo de amostras (pontos) sobre as classes de solo com maior representatividade no mapa de solos convencional. Para a avaliação da acurácia utilizou-se o índice Kappa (Congalton & Green, 2008), que pode ser classificado de acordo com Landis & Koch (1977): $k \leq 0,2$: ruim; $0,2 < k \leq 0,4$: razoável; $0,4 < k \leq 0,6$: bom; $0,6 < k \leq 0,8$: muito bom e $k \geq 0,8$: excelente.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

O MDS gerado (Figura 1) a partir de amostras treinadas em um mapa de solos existente, obtido através do levantamento de solos tradicional apresentou valor de Kappa de 0,40 (Tabela 1) e foi classificado como bom (Landis & Koch, 1977), mesmo se tratando de uma área com relevo acidentado, que proporciona a ocorrência de grande variabilidade de solos e associações de solos. Classes de solos com menor representatividade são mais difíceis de serem identificadas quando utiliza-se técnicas de MDS para gerar um mapa de solo.

Resultados semelhantes, com índice Kappa considerado bom também foram obtidos por Hengl & Rossiter (2003), ten Caten et al. (2011; 2012) e por Silva et al. (2013), que utilizaram mapa de treinamento obtido através da amostragem aleatória de pontos no campo.

A partir das 562 amostras identificadas no mapa de treinamento, 170 referem-se a associação Cambissolo Háplico + Argissolo Vermelho + Neossolo Litólico e 67 de Argissolo Acinzentado e 65 de Argissolo Vermelho (Tabela 1), representando respectivamente, 30,25%, 11,92% e 11,57% da totalidade dos pontos amostrados. As demais amostras estão distribuídas nas demais classes de solos, porém apresentam menor representatividade (Tabela 1).

A exatidão global (EG), que é a proporção de observações corretamente classificadas em relação ao número total de observações foi de 51,07% (Tabela 1), compatível com o levantamento de reconhecimento de baixa intensidade, com valores de EG entre 50 e 70% (IBGE, 2007). Valores de EG dentro deste intervalo de valores também foram encontrados por Coelho & Giasson (2010) e Giasson et al. (2011), ten Caten et al. (2011), Silva et al. (2013) e Nanni et al. (2010).

Entre as dez classes de solos identificadas no MDS gerado (Figura 1), as mais representativas foram as associações PV + CX + RL e PV + PAC e a classe PAC (Tabela 1), sendo 232 amostras identificadas como associação PV + CX + RL no MDS gerado. Destas amostras, 132 estão de acordo com o Mapa de validação e o restante aparece como inclusões em outras classes de solo.

Enquanto que, das 93 amostras identificadas como PAC, 49 foram identificadas corretamente no MDS gerado, já o restante apareceram como inclusões nas demais classes de solos. Bem como, as 92 amostras identificadas na associação de PV + PAC, em que somente 36 amostras foram identificadas corretamente no MDS gerado, já as demais amostras apareceram como inclusões nas demais classes, com predomínio na classe PVA,



com 20 amostras.

Algumas classes de solos, devido a pouca representatividade na área não geraram informações suficientes para estabelecer relações entre as covariáveis ambientais, as quais podem não se mostrar eficientes para a identificação de determinadas classes de solos. Silva et al. (2013) afirmam que classes de solos com menor número de pontos amostrados se confundem com as classes mais representativas, favorecendo a ocorrência de inclusões de uma determinada classe de solo em outra. Isso ocorre em função que as covariáveis ambientais apresentam maior variabilidade nas classes de maior representação.

A não predição correta de uma classe de solo também pode estar relacionada às características morfológicas, que são relativamente semelhantes e podem causar confusão entre as amostras das diferentes classes de solo, principalmente quando as mesmas ocorrerem em áreas declivosas, o que torna difícil a separação destas classes de solos.

CONCLUSÕES

1. A acurácia do MDS quando comparada com o Mapa de solos convencional foi classificada como boa com $Kappa = 0,4$ e a exatidão global de 51,07%, classificando o MDS como de reconhecimento de baixa intensidade.
2. Classes de solos com maior representatividade são melhores representadas no MDS gerado.
3. Classes de solos menos representativas são predominantemente reconhecidas como inclusões em outras classes de solos.

AGRADECIMENTOS

À CAPES pela concessão de recursos financeiros e bolsa de estudo.

REFERÊNCIAS

COELHO, F. F. & GIASSON, E. Comparação de métodos para mapeamento digital de solos com utilização de sistema de informação geográfica. *Ciência Rural*, 40:2099-2106, 2010.

CONGALTON, R. G. & GREEN, K. Assessing the accuracy of remotely sensed data: principles and practices. 2. ed. Boca Raton: Taylor and Francis, 2008. 200p.

GIASSON, E.; CLARKE, R. T.; INDA JR., A. V.; MERTEN, G. H. & TORNQUIST, C. G. Digital soil mapping using multiple logistic regression on terrain parameters in southern Brazil. *Scientia Agricola.*, 63:262-268, 2006.

GIASSON, E.; SARMENTO, E. C.; WEBERL, E.; FLORES, C. A. & HASENACK, H. Decision trees for

digital soil mapping on subtropical basaltic steeplands. *Scientia Agricola*, 68:167-174, 2011.

HALL, M.; FRANK, E.; HOLMES, G.; PFAHRINGER, B.; REUTEMANN, P. & WITTEN, I. H. The WEKA Data Mining Software: An Update; SIGKDD Explorations, 2009.

HASENACK, H. & WEBER, E. Base cartográfica vetorial contínua do Rio Grande do Sul - escala 1:50.000. Porto Alegre: UFRGS Centro de Ecologia, 2010. DVD-ROM. (Série Geoprocessamento n.3).

HENGL, T.; ROSSITER, D.G. Supervised Landform classification to enhance and replace photo-interpretation in semi-detailed soil survey. *Soil Sci. Soc. America Journal*, 67:1810-1822, 2003.

IBGE. Manual técnico de Pedologia. 2 ed., Rio de Janeiro: IBGE, 2007.

KLAMT, E.; DALMOLIN, R. S. D.; CABRAL, D. R. C. Solos do Município de São João do Polêsine: Características, Classificação, Distribuição Geográfica e Aptidão de Uso. Santa Maria, RS, Universidade Federal de Santa Maria, CCR, Departamento de Solos, 1997. 93 p.

LANDIS, J. R. & KOCH, G. G. The measurement of observer agreement for categorical data. *Biometrics*, 33:159-174, 1977.

McBRATNEY, A. B.; MENDONÇA SANTOS, M. L. & MINASNY, B. On digital soil mapping. *Geoderma*, 117: 3-52, 2003.

NANNI, M. R.; CÉZAR, E.; CHICATI, M. L.; HATA, F. T.; OLIVEIRA, R. B. & DEMATTÊ, J. A. Discriminação de unidades de paisagem para fins de levantamentos pedológicos por meio da resposta espectral orbital. *Acta Science*, 32:555-561, 2010.

RUIZ, L. F. C.; TEN CATEN, A. & DALMOLIN, R. S. D. ADtoSIG - Software de Conversão. Universidade Federal de Santa Maria, v.1, 2011.

SILVA, C. C.; COELHO, R. M.; OLIVEIRA, S. R. M. & ADAMI, S. F. Mapeamento Pedológico Digital da Folha Botucatu (SF-22-Z-B-VI-3): Treinamento de dados em mapa tradicional e validação de campo. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, 37:846-857, 2013.

TEN CATEN, A.; DALMOLIN, R.S.D. & RUIZ, L.F.C. Digital Soil Mapping: Strategy for data processing. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, 36:1083-1091, 2012.

TEN CATEN, A.; DALMOLIN, R. S. D.; PEDRON, F. A. & MENDONÇA-SANTOS, M. L. Extrapolação das relações solo-paisagem a partir de uma área de referência. *Ciência Rural*, 41:812-816, 2011.

WILSON, J. P. & GALLANT, J. C. Digital terrain analysis. In: _____ (Ed.). *Terrain analysis: principles and applications*. New York: Wiley & Sons, 2000. p.1-27.

Tabela 1 – Matriz de confusão e parâmetros que avaliam acurácia do MDS.

Unidades de Mapeamento	GX	CX+Solos Aluviais	PV	SX	PV+ CX + RL	PAC	RL	PBAC+ RL	PV + PVA	PV + PAC	PVA	Total amostras
GX	13	3	0	1	0	0	0	0	0	0	0	17
CX+Solos Aluviais	4	5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	9
PV	0	0	24	0	10	0	9	1	5	3	2	54
SX	4	0	3	7	5	1	0	0	0	5	1	26
PV+ CX + RL	0	0	20	1	132	13	14	0	30	11	11	232
PAC	4	1	10	17	5	49	5	0	0	0	2	93
RL	0	0	1	0	1	0	6	6	0	0	0	14
PBAC+ RL	0	0	0	0	0	1	2	6	1	0	0	10
PV +PVA	0	0	0	0	0	0	2	0	2	0	0	4
PV + PAC	0	0	7	9	16	3	1	0	0	36	20	92
PVA	0	0	0	1	1	0	0	0	0	2	7	11
Total de amostras	25	9	65	36	170	67	39	13	38	57	43	562

Kappa (%) = 40,25

Exatidão global (%) = 51,07

GX- Gleissolo Háplico; CX - Cambissolo Háplico; PV- Argissolo Vermelho; SX- Planossolo Háplico; RL- Neossolo Litólico; PAC- Argissolo Acinzentado; PBAC- Argissolo Bruno Acinzentado; PVA-Argissolo Vermelho – Amarelo;

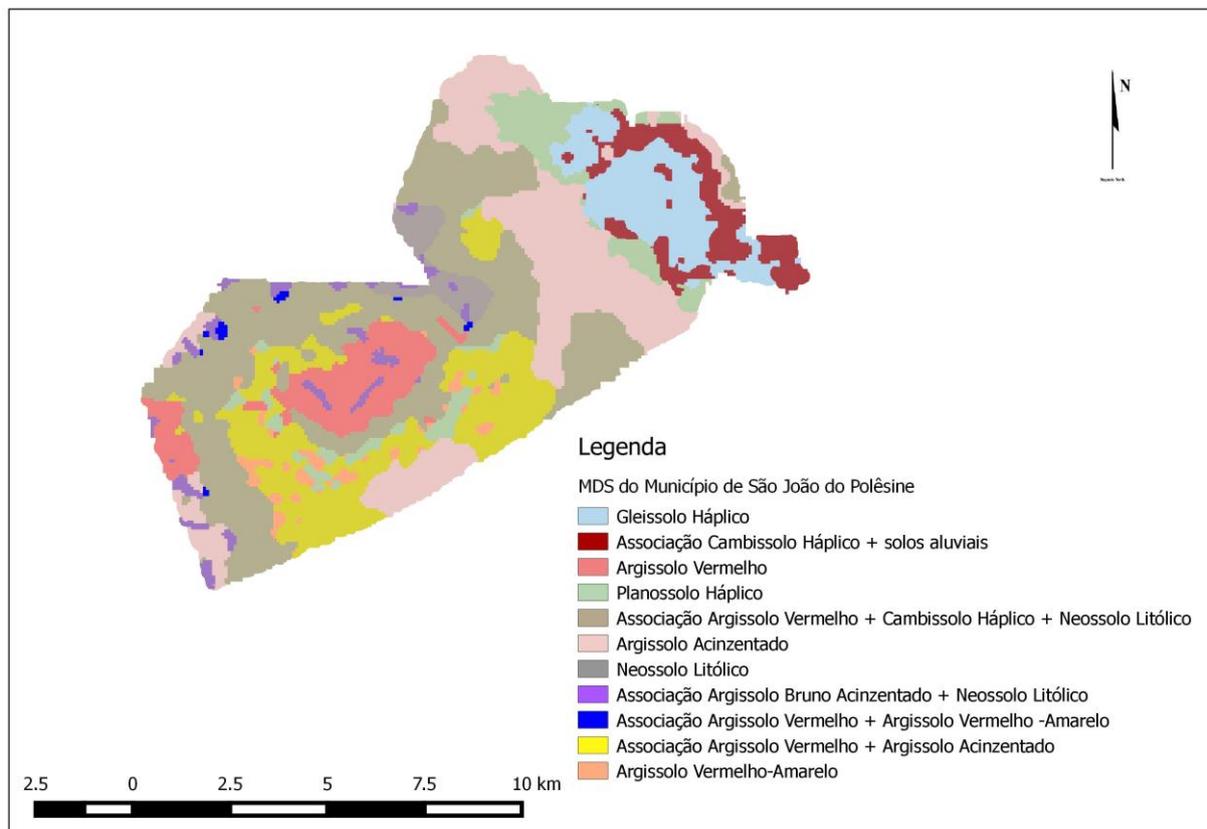


Figura 1: Mapa digital de solos do Município de São João do Polésine