

SIG para a gestão vitivinícola no Vale dos Vinhedos, RS

José Maria Filippini Alba*¹, Carlos Alberto Flores*², Alberto Miele*³,
Lucas Malheiros Villani*⁴

¹Pesquisador, Laboratório de Planejamento Ambiental/Embrapa Clima Temperado

²Pesquisador, Recursos Naturais/Embrapa Clima Temperado

³Pesquisador, Embrapa Uva e Vinho

⁴Acadêmico de Engenharia Agrícola, Universidade Federal de Pelotas

*E-mails: jose.filippini@embrapa.br, carlos.flores@embrapa.br, alberto.miele@embrapa.br,
lucasvillani_92@hotmail.com

Resumo: Processaram-se dados dos atributos físicos e químicos dos solos superficiais de três vinhedos localizados no Vale dos Vinhedos, Bento Gonçalves, RS, de acordo com procedimentos de viticultura de precisão, levantamento de solos e geotecnologias. A aplicação combinada de métodos estatísticos multivariados, geoestatística e SIG permitiu caracterizar três grupos principais de amostras onde os atributos edáficos se mantêm aproximadamente uniformes. A transformação da área ocupada por esses grupos em zonas de manejo dependerá da estratégia produtiva e de mercado da gestão vitícola. Considerando também trabalhos pretéritos, espera-se influenciar a qualidade da uva em cada zona, resultando em vinhos de características específicas com potencial para agregação de valor.

Palavras-chave: viticultura de precisão, solos, geotecnologias, SIG, sistemas de informação geográfica

Viticulture management through GIS in the “Vale dos Vinhedos”, Rio Grande do Sul State, Brazil

Abstract: Data of the physical and chemical properties of soils from three vineyards located in “Vale dos Vinhedos”, Bento Gonçalves, RS, Brazil, were processed according to precision viticulture techniques. Sampling oriented by a regular grid, soil survey and several geotechnologies were applied. The combination of multivariate statistical methods, geostatistics and GIS allowed to characterize three main groups of samples where the soil attributes were approximately uniform. The transformation of the area occupied by these groups in managing zones will depend on the wine production and the strategy of market. Anyway, the comparison with previous results confirmed some influence on grape quality in each zone, resulting in wines of specific features with potential for aggregation of value.

Keywords: precision viticulture, PA, soils, geotechnologies, GIS, geographic information system

1. Introdução

Conforme Goswami, Saxena e Bairagi (2012), os sistemas de posicionamento global orientados por satélites, as técnicas de sensoriamento remoto e os sistemas de informação geográfica (SIG) são ferramentas reconhecidas no contexto de agricultura de precisão; conceito também válido para a especialização vitícola, a viticultura de precisão (VP). Alguns métodos de estatística multivariada, em particular análise de clusters (classificação), se apresentam como opção de integração dos dados (BERRY, 2013), permitindo uma visão globalizada da informação disponível. Ainda assim, verificam-se poucos trabalhos que exploram a integração de informações para definição de zonas de manejo, seja por meio de fusão de camadas em SIG ou de métodos estatísticos multivariados (INAMASU et al., 2011).

Neste trabalho se discute a definição de zonas de manejo por meio do agrupamento (clusters) de dados multivariados dos atributos do solo, na Unidade Piloto de Uva para Vinho, Vale dos Vinhedos, no contexto do projeto “Agricultura de Precisão para a Sustentabilidade de Sistemas Produtivos do Agronegócio Brasileiro”. Do ponto de vista qualitativo, as zonas de manejo poderão estar associadas com características específicas dos grãos da uva, em consequência com a produção de vinhos tipificados (TONIETTO; SOTÉS RUIZ; GÓMEZ-MIGUEL, 2012).

2. Material e Métodos

Os trabalhos de pesquisa em VP se realizaram em três vinhedos do cv. Merlot, clone 347, enxertado sobre o porta-enxerto Paulsen 1103, dois deles formados em 2005 (Vinhedos 1 e 3) e um em 2006 (Vinhedo 2), que pertencem à vitícola Miolo (Vale dos Vinhedos, Bento Gonçalves, RS). No total são 2,42 hectares de videiras conduzidas em espaladeira e podadas em cordão esporonado.

As ações de pesquisa relativas ao presente trabalho foram:

1. As áreas foram georreferenciadas com estação total (Sokkia SET 610) e GPS Geodésico (Sokkia GSR 2600), sendo criadas as cartas de altimetria, declividade e a malha de amostragem

para o mapeamento dos solos (10m x 10m). As linhas de videiras foram georreferenciadas, sendo destacadas 257 plantas.

2. Os perfis dos solos foram determinados abrindo-se quatro trincheiras, com coleta de amostras em todos os horizontes até a profundidade de 150 cm. Os solos foram classificados segundo Santos et al. (2006). Realizaram-se as seguintes determinações analíticas (Laboratório de Solos/UFRGS): a) P_2O_5 , Fe_2O_3 , MnO , TiO_2 , Al_2O_3 , SiO_2 (ataque sulfúrico) e b) pH, Ca^{2+} , Na^+ , K^+ , fração da amostra total (calhau, cascalho e terra fina), composição granulométrica (areia grossa, areia fina, silte e argila), argila dispersa em água, grau de floculação, carbono orgânico e nitrogênio.
3. Coleta e análise físico-química de amostras do solo: no Vinhedo 1 coletaram-se 28 amostras de solo; no 2, 54; e no 3, 26. Essas amostras foram coletadas em janeiro de 2011, próximas às videiras georreferenciadas, e na profundidade de 0 a 20 cm. Realizaram-se as seguintes determinações analíticas sem ataque sulfúrico (Laboratório de Solos/UFRGS): N, pH, Al^{3+} , Ca^{2+} , Mg^{+2} , Na^+ , K^+ , P^{5+} , H^+ , $(H^+ + Al^{+3})$, P^{+5} , capacidade de troca catiônica (CTC), soma de cátions trocáveis (T), saturação de bases (V), saturação por Al, fração da amostra total (calhau, cascalho e terra fina), composição granulométrica (areia grossa, areia fina, silte e argila), argila dispersa em água, grau de floculação, relação silte/argila, C orgânico, N e relação C/N.
4. Microvinificação: colheram-se 50 kg de uva de cada unidade de mapeamento: (i) PBACal 2 e 3 (Argissolo - Vinhedo 1); (ii) CXve 2 e 3 (Cambissolo - Vinhedo2); (iii) RRh 4 (Neossolo - Vinhedo 2); (iv) RRh 1, 2 e 3 (Neossolo - Vinhedo 3) e, (v) PBACal 1 (Argissolo - Vinhedo 3). De cada unidade de mapeamento, separaram-se 40 kg de uva, das quais se fizeram duas microvinificações de 20 kg cada, em recipientes de vidro. Após a conclusão das fermentações alcoólica e malolática, estabilizaram-se os vinhos e adicionou-se SO_2 . Logo depois, eles foram engarrafados e rotulados. A análise físico-química foi realizada no segundo semestre de 2011.

5. Os dados relacionados às amostras superficiais de solos foram processados com a assistência de métodos estatísticos multivariados: (i) análise de agrupamentos (Método Hierárquico): permite classificar as amostras de solo por proximidade, segundo a distância euclidiana, resultando grupos de variância interna homogênea (VICINI, 2005; R FOUNDATION..., 2006); (ii) análise de componentes principais: utilizada para reduzir o número de variáveis, sendo estabelecidas associações entre os atributos do solo; (iii) Krigagem: interpolação por médias móveis, ou seja, transformação de dados conforme malha regular para superfície contínua, considerando os pontos próximos a cada célula da malha, enquanto considerados como interdependentes por uma função denominada semivariograma (LANDIN; STURARO, 2002). Consideraram-se dois aplicativos específicos (ENVIRONMENTAL..., 2008; GAMMA..., 2008).

3. Resultados e Discussão

Na Figura 1 esquematizam-se as unidades de solo consideradas na microvinificação (MIELE; FLORES; FILIPPINI ALBA, 2011). Algumas das unidades de solo foram agrupadas por classe, dependendo da área de abrangência. No Vinhedo 1, localizado ao norte da coordenada vertical de número 6771150, ocorrem as unidades CXve 1 e 3 (Cambissolo) nas bordas com a parte central dominada pela classe Argissolo, unidades PBACal 2 e 3. Essas unidades possuem continuidade no setor norte do Vinhedo 2, de forma retangular

e maior extensão no eixo sul - norte, que na parte central apresenta a transição para a classe Cambissolo, unidades CXve 1, 2 e 3, com a classe Neossolo, unidades RRh 3 e 4. Já o Vinhedo 3 apresenta características próprias, a exceção de uma pequena extensão à NW, com as unidades RRh 1, 2 e 3 (Neossolo) e a unidade PBACal 1 (Argissolo). Do ponto de vista geomorfológico, o Vinhedo 1 está localizado na parte de menor altitude (550 a 560 m), com declividade dominante de 13% a 20% que diminui para 8% a 12% na parte central, condição que se mantém no setor norte do Vinhedo 2, que apresenta transição para declividade de 20% a 45% ao avançar no sentido sul (Neossolo), alcançando altitude de 600 a 610 m. Finalmente, o Vinhedo 3 conserva altitude elevada com declividade relativamente plana (<13%).

A análise de agrupamento foi realizada considerando os teores de nutrientes (Ca^{+2} , C orgânico, K^+ , Mg^{+2} , Na^+ , N e P^{+5}), a concentração de H^+ , a T e a CTC por serem as variáveis que apresentaram resposta mais significativa (Tabela 1). O centróide do grupo 1 localiza-se abaixo da média geral, para todas as variáveis, mostrando clara diferenciação com o grupo 4.

Para facilitar a interpretação, considerou-se o gráfico de linhas dos dados anteriores (Figura 2); o grupo 3 apresenta médias intermediárias para quase todas as variáveis, sendo o grupo 1 o mais empobrecido. O grupo 2 apresenta elevada acidez (concentração de H^+) e soma de cátions trocáveis (T), valores correlacionados, sendo superado nos teores de nutrientes pelo grupo 4.

Para espacializar os dados dos grupos definidos aplicou-se o semivariograma conforme o modelo exponencial, que apresentou bom ajuste ($R^2 = 0,8$),

Tabela 1. Médias standardizadas (variáveis sem unidades) resultantes da análise de agrupamento para os atributos químicos dos solos (1 = 32 amostras; 2 = 7 amostras; 3 = 54 amostras; e 4 = 12 amostras). Fonte: Laboratório de Planejamento Ambiental/Embrapa Clima Temperado.

Grupo	Ca	Mg	Na	K	H	CORG	T	N	P	CTC
1	-0.80	-0.89	-0.14	-1.02	-0.23	-0.54	-0.72	-0.65	-0.50	-0.87
2	-0.35	-0.46	-0.20	-0.40	3.28	-0.13	2.16	0.06	-0.75	-0.40
3	0.02	0.23	-0.15	0.43	-0.32	-0.11	-0.18	-0.07	-0.01	0.08
4	1.86	1.45	0.37	0.75	-0.15	1.70	1.06	1.69	1.11	1.83

CORG = C orgânico. Nota: Retiraram-se os símbolos de carga das variáveis para simplificar.

com consequente validação cruzada para a krigagem ($R^2 = 0,52$) (Figura 3). Os grupos 1, 3 e 4 predominam de forma significativa nos vinhedos 1, 2 e 3, respectivamente. Variações locais estão associadas ao grupo 1 (centro-norte do Vinhedo 2 e noroeste do Vinhedo 3) e com o grupo 2, de pouca abrangência (7 amostras). Do ponto de vista de solos, o grupo 1 se associou à classe Argissolo, unidades PBACal 2 e 3; o grupo 3 ao Cambissolo, unidade CXve 2 e 3, ao Neossolo, unidade RRh 3 e 4 e ao Argissolo, unidade PBACal 1 e, finalmente, o grupo 4 está vinculado de forma predominante aos Neossolos das unidades RRh 1, 2 e 3.

A análise de componentes principais contribuiu para a interpretação dos resultados anteriores

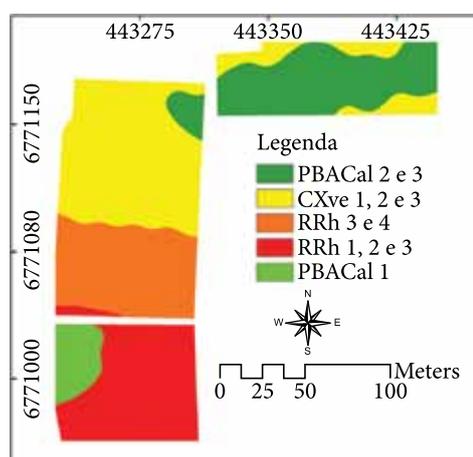


Figura 1. Esquema representativo das unidades de solo consideradas para microvinificação. Fonte: Laboratório de Planejamento Ambiental/Embrapa Clima Temperado.

(Tabela 2). A componente principal 1 (CP1) acumulou 76,3% da variância e se relacionou ao teor de H^+ e a CTC com o teor de Ca^{+2} em oposição. Isso se explicaria pela diminuição no teor de Ca^{+2} em locais ácidos e com CTC elevada ou pela presença do nutriente na situação contrária. A CP2 possui menor significação em termos de variância explicada, 19,6%, sendo relacionada ao teor de K^+ em oposição ao Ca^{+2} , Na^+ e, em menor grau, ao H^+ e ao C orgânico, vinculando-se provavelmente aos processos de adubação na área.

Na Figura 4 apresentam-se os escores dos quatro grupos definidos pela análise de agrupamentos. A CP1 discriminou os grupos 1 e 3 do grupo 2 e a CP2 discriminou o grupo 3 dos outros três. Miele, Flores e Filippini Alba (2011) aplicaram o mesmo método para amostras de mosto de uva e pecíolo associadas às unidades de solos, com discriminação marcante pelos escores, envolvendo os quatro quadrantes. A comparação resulta complexa, pois o grupo 3 integra várias unidades que foram consideradas isoladamente no caso comentado. No entanto, o processo como um todo sugere que as feições das unidades de solo, ou zonas homogêneas em relação aos atributos do mesmo, controlam as características da uva e, em consequência, dos produtos dela derivados, sendo o clima um agente de dispersão em função da sua variabilidade temporal.

Em relação às zonas de manejo, será necessário aprimorar a relação área ocupada versus produção, de maneira a estabelecer o padrão mais adequado.

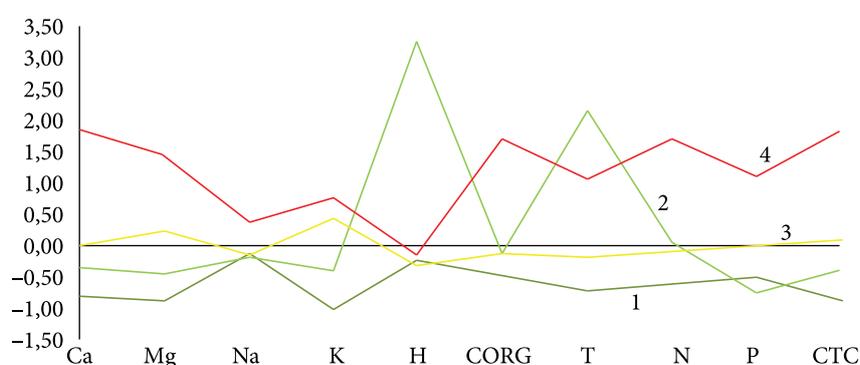


Figura 2. Gráfico comparativo das médias estandardizadas resultantes da análise de agrupamento. Fonte: Laboratório de Planejamento Ambiental/Embrapa Clima Temperado. Nota: Retiraram-se os símbolos de carga das variáveis para simplificar.

Tabela 2. Cargas (loadings) da análise de componentes principais sobre os grupos obtidos na análise de agrupamentos. Fonte: Laboratório de Planejamento Ambiental/Embrapa Clima Temperado.

CP	VEX	Ca	Mg	Na	K	H	CORG	T	N	P	CTC
1	76,3%	-0.36	-0.03	0.05	0.00	0.65	0.00	0.00	0.00	0.00	0.66
2	19,6%	-0.36	0.01	-0.24	0.86	-0.16	-0.15	0.13	0.02	-0.12	-0.02

CP: componente principal. VEX: variância explicada. Nota: Retiraram-se os símbolos de carga das variáveis para simplificar.

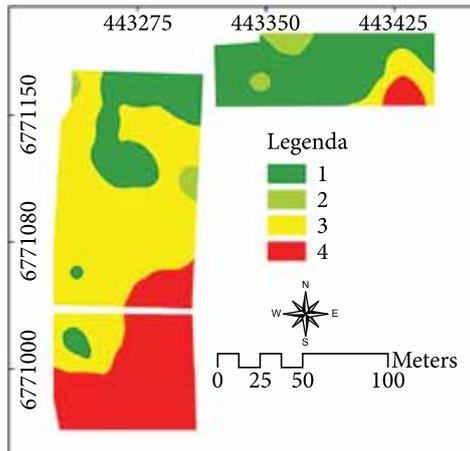


Figura 3. Espacialização dos grupos definidos pela análise de agrupamentos. Fonte: Laboratório de Planejamento Ambiental/Embrapa Clima Temperado.

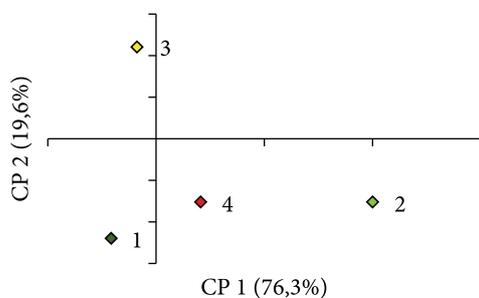


Figura 4. Projeção das scores das componentes principais relacionadas à análise de agrupamentos. Fonte: Laboratório de Planejamento Ambiental/Embrapa Clima Temperado.

Em princípio, os grupos 1, 3 e 4 representam o principal foco.

Filippini-Alba, Flores e Miele (2012) modelaram dados de argila, matéria orgânica e saturação de bases no Vinhedo 2, por fusão em SIG, adaptando os critérios do zoneamento edáfico para escala local, sendo obtida melhor

aptidão para as unidades CXve 2 e 3, e para a unidade RRh 3. Isso coincide aproximadamente com o grupo 3 discriminado neste trabalho.

4. Considerações finais

Foram considerados três vinhedos no contexto de viticultura de precisão, onde a aplicação combinada de métodos estatísticos multivariados, geoestatística e SIG permitiu caracterizar três grupos principais de amostras com resposta aproximadamente uniforme dos atributos edáficos. Um grupo empobrecido em nutrientes, outro intermediário e o terceiro enriquecido e com boa capacidade de troca de cátions. Os processos de troca catiônica e a acidez do solo controlam 76% da variância dos dados; o outro fator de controle se relaciona aos processos de adição de nutrientes na área (adubação) com cerca de 20% de participação.

A transformação da área ocupada pelos grupos mencionados em zonas de manejo dependerá da estratégia produtiva e de mercado da gestão vitícola, mas, em função da comparação com trabalhos pretéritos, espera-se influenciar a qualidade da uva, resultando em vinhos de características específicas em cada zona. Destaca-se, ainda, o potencial desses vinhos do ponto de vista de qualidade, inseridos no contexto de vinhos finos do Brasil.

Agradecimentos

Os autores agradecem ao grupo gestor do Projeto “Agricultura de Precisão para a Sustentabilidade de Sistemas Produtivos do Agronegócio Brasileiro” pelo apoio e colaboração nas atividades de pesquisa desenvolvidas. Estende-se o agradecimento à Vinícola Miolo, de Bento Gonçalves, RS, com destaque para os

engenheiros-agrônomois Ciro Pavan e Mário L. Fochesato, consultor e responsável pelos vinhedos dessa empresa, respectivamente, pela disponibilização da área de pesquisa e informações para o desenvolvimento do projeto.

Referências

BERRY, J. **The precision farming primer**. Basis, Inc., 1999. Disponível em: <<http://www.innovativegis.com/basis/pfprimer/>>. Acesso em: 19 abr. 2013.

ENVIRONMENTAL SYSTEMS RESEARCH INSTITUTE (ESRI). **ArcGIS Desktop 9.3** Redlands (CA), 2008. 1 CD-ROM.

FILIPPINI-ALBA, J. M.; FLORES, C. A.; MIELE, A. Modelagem espacial do solo para apoio à viticultura de precisão: Vale dos Vinhedos, Serra Gaúcha, Rio Grande do Sul, Brasil. **Revista Brasileira de Viticultura e Enologia**, v. 4, p. 8-17, 2012.

GAMMA DESIGN SOFTWARE. **GS+ user's guide**. 1998 - 2008 (versão 9). Plainwell, U.S., 2008. 162 p.

GOSWAMI, S. B.; SAXENA, M. S. A.; BAIRAGI, G. D. A review: the application of remote sensing, GIS and GPS in agriculture. **International Journal of Advanced Technology and Engineering Research**, v. 2, p. 50-54, 2012.

INAMASU, R. Y.; NAIME, J. M.; RESENDE, A. V.; BASSOI, L. H.; BERNARDI, A. C. C. (Eds.) **Agricultura de precisão: um novo olhar**. São Carlos: Embrapa Instrumentação, 2011, 334 p.

LANDIM, P. M. B.; STURARO, J. R. **Krigagem indicativa aplicada à elaboração de mapas probabilísticos de riscos**. Rio Claro: Unesp, 2002. (Texto didático, n. 06). Disponível em: <<http://www.rc.unesp.br/igce/aplicada/kindicativa.pdf>>. Acesso em: 3 jun. 2013.

MIELE, A.; FLORES, C. A.; FILIPPINI ALBA, J. M. Status atual da pesquisa de viticultura de precisão no Rio Grande do Sul: primeiros resultados da UP Uva para Vinho. In: INAMASU, R. Y.; NAIME, J. M.; RESENDE, A. V.; BASSOI, L. H.; BERNARDI, A. C. C. (Eds.) **Agricultura de precisão: um novo olhar**. São Carlos: Embrapa Instrumentação, 2011, p. 267-272.

R FOUNDATION FOR STATISTICAL COMPUTING. **The R project for statistical computing**. 2006. Disponível em: www.r-project.org. Acesso em: 3 jun. 2013.

SANTOS, H. G.; JACOMINE, P. K. T.; ANJOS, L. H. C.; OLIVEIRA, V. A.; OLIVEIRA, J. B.; COELHO, M. R.; LUMBRERAS, J. F.; CUNHA, T. J. F. (Ed.). **Sistema brasileiro de classificação de solos**. 2. ed. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2006. 306 p. il. (Inclui apêndices).

TONIETTO, J.; SOTÉS RUIZ, V.; GÓMEZ-MIGUEL, V. D. (Ed.). **Clima, zonificación y tipicidad del vino en regiones vitivinícolas iberoamericanas**. Madrid: Cyted, 2012. 411 p.

VICINI, L. **Análise multivariada da teoria à prática**. Santa Maria: Universidade Federal de Santa Maria, 2005. 215 p. (Especialização em Estatística e Modelagem Quantitativa).