

# ALGORITMO PARA MAPEAMENTO DE ÁREAS DE PRODUÇÃO AGROPECUÁRIA COM SUBDIVISÕES

FLÁVIO BELLO FIALHO<sup>1</sup>

**RESUMO:** Áreas de produção agropecuária podem ser mapeadas com o uso de receptores GPS, pela medida da posição geográfica de pontos. A coleta de pontos a campo geralmente não segue uma ordem que permita o traçado direto das áreas. O trabalho descreve um algoritmo desenvolvido para ordenar os pontos medidos, usando apenas a identificação da área e setor a qual cada ponto pertence, permitindo criar um mapa das áreas de produção e suas subdivisões (setores de produção contíguos). O algoritmo foi implementado na forma de um programa em linguagem C, sendo testado e validado em mais de 600 propriedades vitícolas.

**PALAVRAS-CHAVE:** agricultura de precisão, Cadastro Vitícola, georreferenciamento, GPS, mapa, MapaGPS.

## ALGORITHM TO MAP AGRICULTURAL PRODUCTION AREAS WITH SUBDIVISIONS

**ABSTRACT:** Agricultural production areas may be mapped using GPS receivers, by measuring the geographical position of points. Field survey does not usually follow a point measurement sequence which allows directly tracing the areas. This paper describes an algorithm developed to order measured points, using only an identification of which area and sector each point belongs to. This allows the creation of a map of the production areas and their subdivisions (adjacent production sectors). The algorithm was implemented as a C language program, and it was tested and validated in over 600 grape producing properties.

**KEYWORDS:** precision agriculture, Viticultural Registry, georeferencing, GPS, mapping, MapaGPS.

### 1. INTRODUÇÃO

O georreferenciamento de parcelas de produção agrícola é de muita utilidade no planejamento da produção e na aplicação de tratamentos diferenciados por local, que é um ponto chave da agricultura de precisão. Frequentemente, uma área de produção é dividida em parcelas contíguas, que podem diferir em cultivar utilizada, idade (no caso de culturas perenes, como vinhedos ou pomares), espaçamento, sistema de condução, etc. Em muitos casos, a distinção dessas parcelas não é possível apenas com imagens aéreas (SARMENTO; WEBER; HASENACK, 2007), pois as curvas de reflectância são muito semelhantes (SILVA, 2005), sendo necessário um estudo *in loco* para determinar o local exato das divisões, geralmente com uso de receptor GPS (Global Positioning System) de precisão.

Para que as áreas sejam medidas de forma consistente e para reduzir o trabalho a campo, é importante que as divisões entre parcelas ou setores de produção sejam medidas uma única vez, sendo a mesma linha divisória utilizada para delimitar o contorno dos dois setores envolvidos. No processo de medir áreas com subdivisões no campo, geralmente o registro da posição dos pontos não segue uma ordem que permita desenhar diretamente os setores, sendo necessário ligar os pontos ou segmentos que formam o perímetro de cada setor manualmente. Como complicador, frequentemente a pessoa que finaliza o mapa não é a mesma que coleta os pontos a campo. Uma metodologia para automatizar o processo pode facilitar o trabalho e ao mesmo tempo garantir um traçado consistente das áreas.

---

<sup>1</sup> Eng. Agrônomo, Ph.D., Embrapa Uva e Vinho, E-mail: bello@cnpuv.embrapa.br

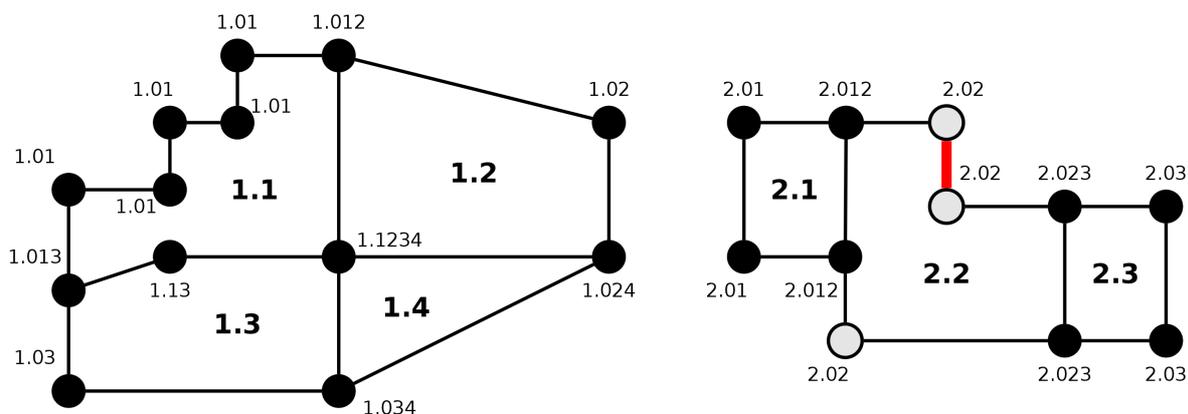
## 2. OBJETIVO

O objetivo deste trabalho foi descrever um algoritmo que pode ser utilizado para mapear áreas de produção agropecuária (vinhedos, pomares, lavouras, pastos, etc.) que contenham subdivisões (setores, parcelas, etc), medindo-se cada ponto apenas uma vez. A partir de uma lista de pontos medidos a campo com GPS ou obtidos de outra forma qualquer, o algoritmo busca separar os pontos por área e subdivisão e ordenar os pontos dentro de cada subdivisão, de forma que eles tracem corretamente os perímetros.

## 3. MATERIAL E MÉTODOS

Foi desenvolvido um algoritmo para ordenar medidas de posição geográfica coletadas a campo e transformá-las no contorno de áreas de produção e de suas subdivisões. As áreas medidas (vinhedos, pomares, etc) devem ser identificadas por um número inteiro. As subáreas (setores, parcelas, etc.) devem ser identificadas por um algarismo de 1 a 9 ou por uma letra (a, b, c...). Cada ponto medido deve ser identificado no formato A.SS, A.SSS ou A.SSSS, sendo A o número que identifica a área e S um algarismo que identifica a qual setor o ponto está conectado (cada ponto pode estar ligado a 2, 3 ou 4 setores). O perímetro externo da área é considerado setor 0 (zero), e os pontos que pertencem ao perímetro externo devem conter 0 como um dos valores de S.

Os pontos que estiverem na divisa de três ou quatro setores e os pontos do perímetro externo (setor 0) que estiverem na divisa de dois ou três setores (além do setor 0) são chamados *pontos de canto*. Os demais, que têm nome no formato A.SS, são chamados *pontos de linha*, pois estão no meio de uma linha divisória entre dois setores (ou no perímetro externo, na borda de um único setor). Um exemplo de nomenclatura de setores e pontos é dado na Figura 1, onde pode-se identificar duas áreas divididas em sete setores. Um aspecto importante na ordem de coleta de pontos é que os pontos de uma mesma linha (pontos de linha com o mesmo nome) devem ser coletados a campo em sequência. Entretanto, se outra linha diferente tiver a mesma nomenclatura, deve haver pelo menos um ponto de canto separando as duas sequências. Isso é exemplificado na Figura 1 pelos três pontos 2.02 em destaque, em que os dois de cima devem ser medidos em sequência e o de baixo não pode ser medido junto com os outros dois. A nomenclatura de áreas (vinhedos, pomares, etc.), setores e pontos, bem como uma descrição mais detalhada da metodologia de trabalho a campo foi descrita por Fialho *et al.* (2005).



**Figura 1.** Exemplo de áreas de produção de uma propriedade agrícola, com denominação de setores e pontos. As duas áreas (1 e 2) estão divididas em quatro (1.1, 1.2, 1.3 e 1.4) e três (2.1, 2.2 e 2.3) setores, respectivamente. Os pontos são nomeados de acordo com a área e os setores ao qual eles pertencem. Os pontos do perímetro externo de cada área têm o setor “0” no nome.

Para executar o algoritmo, é necessário que cada ponto tenha, no mínimo, a sua identificação (o nome do ponto, no formato descrito anteriormente) e a sua posição em coordenadas de latitude e longitude (ou X e Y). O algoritmo inicialmente separa os pontos por área (as áreas, ao contrário dos setores, não são contíguas), identifica quais pontos delimitam cada subdivisão (setor) e o perímetro externo de cada área. Em seguida, os pontos dentro de cada setor são ordenados, de forma que eles tracem corretamente o seu perímetro (o mesmo sendo feito com o perímetro externo da área). Isso é feito através dos seguintes passos:

1. Criar a lista de áreas.
2. Para cada ponto da lista de pontos:
  - 2.1. Identificar o número da área A e adicioná-lo à lista de áreas.
  - 2.2. Criar a lista de setores da área A, se ela não existe.
  - 2.3. Para cada algarismo S identificado no nome do ponto:
    - 2.3.1. Criar uma lista para o setor A.S, se ela não existir.
    - 2.3.2. Adicionar o ponto à lista do setor A.S.
3. Para cada área A da lista de áreas:
  - 3.1. Para cada setor A.S da lista de setores:
    - 3.1.1. Se o número de pontos for menor que 3, abandonar o setor, indicando erro.
    - 3.1.2. Ordenar a lista de pontos do setor.

Para ordenar a lista de pontos de um setor, foi necessário criar o conceito de *setor vizinho*. Se imaginarmos uma cerca ao longo do perímetro de um setor, o setor vizinho é aquele que está do outro lado da cerca. Por exemplo, ao ordenar o setor 1.2 (setor 2 da área 1), o ponto 1.23 está situado na divisa entre o setor 2 e o setor 3; assim, o setor vizinho atual é o setor 3. Se o próximo ponto for 1.234, isso indica que o vizinho atual irá mudar para o setor 4 (o setor sendo traçado é o 2 e o vizinho anterior é o 3, logo o próximo vizinho só pode ser o 4). Se ao invés de 1.234 o próximo ponto fosse 1.2345, por exemplo, não haveria como saber (ainda) se o próximo vizinho seria o 4 ou o 5. Um ponto pode ter até três possíveis setores vizinhos. Para determinar os possíveis vizinhos, é útil conhecer também o *vizinho anterior*, ou seja, qual era o setor vizinho no segmento anterior ao último ponto posicionado. O algoritmo para ordenar a lista de pontos de um setor segue os seguintes passos:

1. Adicionar o primeiro ponto da lista original à lista de pontos ordenados.
2. Atribuir ao setor vizinho anterior e aos 3 setores vizinhos atuais o valor -1 (indeterminado).
3. Para cada ponto a partir do segundo:
  - 3.1. Encontrar o último ponto posicionado.
  - 3.2. Determinar o setor vizinho anterior, da seguinte forma:
    - 3.2.1. Atribuir ao setor vizinho anterior o valor -1 (indeterminado).
    - 3.2.2. Se um (e somente um) dos setores do último ponto posicionado for igual a um dos setores vizinhos atuais, atribuir ao setor vizinho anterior o número daquele setor.
    - 3.2.3. Se mais de um dos setores do último ponto posicionado for igual a um dos setores vizinhos atuais, atribuir ao setor vizinho anterior o valor -2 (indeterminado).
  - 3.3. Determinar os possíveis setores vizinhos atuais, da seguinte forma:
    - 3.3.1. Se o último ponto posicionado tiver apenas dois setores, apenas um vizinho atual é possível, sendo ele o setor que não é o que está sendo traçado.
    - 3.3.2. Se o último ponto posicionado tiver três setores, o vizinho atual é o setor que não é o que está sendo traçado e que não é igual ao vizinho anterior; entretanto, se o vizinho anterior for indeterminado (valor menor que zero),

- então há dois possíveis vizinhos atuais (os dois que não estão sendo traçados).
- 3.3.3. Se o último ponto posicionado tiver quatro setores, serão possíveis dois ou três vizinhos atuais: se o vizinho anterior for indeterminado, os possíveis vizinhos atuais são os três que não estão sendo traçados; caso contrário, são os dois que não estão sendo traçados e não são iguais ao vizinho anterior.
  - 3.3.4. Aos setores vizinhos que não forem determinados pelos passos anteriores, atribuir valor -1.
- 3.4. Selecionar, entre os pontos que ainda não foram posicionados, os possíveis candidatos ao próximo ponto, da seguinte forma:
    - 3.4.1. Iniciar preenchendo a lista de candidatos com todos os pontos que ainda não foram posicionados no setor.
    - 3.4.2. Eliminar da lista de candidatos os pontos que não têm pelo menos um setor vizinho em comum com o último ponto posicionado (não considerando o setor sendo traçado).
    - 3.4.3. Eliminar da lista de candidatos os pontos que fariam o traçado do setor cruzar um segmento anterior.
    - 3.4.4. Se, após as eliminações anteriores, o ponto medido imediatamente depois (ou imediatamente antes) do último ponto posicionado ainda estiver na lista e ambos tiverem apenas dois setores exatamente iguais (com o nome no formato A.SS), selecionar aquele ponto como o próximo a ser posicionado, eliminando os demais da lista de candidatos e ignorando o passo seguinte.
    - 3.4.5. Eliminar da lista de candidatos os pontos que estiverem no meio de uma linha (aqueles com nome no formato A.SS que foram medidos entre dois outros pontos também no formato A.SS), exceto se o ponto tiver sido selecionado no passo anterior.
  - 3.5. Se restar apenas um candidato na lista, posicionar esse ponto como o próximo ponto da lista de pontos ordenados, ignorar os próximos passos e procurar o ponto seguinte.
  - 3.6. Eliminar da lista de candidatos os pontos que estão em contato com o setor vizinho anterior.
  - 3.7. Calcular a distância entre cada ponto candidato da lista e o último ponto posicionado.
  - 3.8. Se o ponto imediatamente anterior ou posterior ao último ponto posicionado estiver entre os candidatos, posicionar esse ponto como o próximo ponto da lista de pontos ordenados (se ambos estiverem na lista, escolher aquele com a menor distância), ignorar o próximo passo e procurar o ponto seguinte.
  - 3.9. Posicionar o ponto com a menor distância como o próximo ponto da lista de pontos ordenados e procurar o ponto seguinte.
4. Quando o último ponto for posicionado na lista de pontos ordenados, testar se o segmento formado entre ele e o primeiro ponto cruza um segmento anterior, retornando erro em caso positivo.

O algoritmo foi implementado na forma de um programa em linguagem C chamado MapaGPS, disponibilizado via Internet como software livre sob licença GPL no site <http://www.cnpuv.embrapa.br/geocv/>. Detalhes sobre a sua utilização são descritos por Fialho *et al.* (2005).

#### **4. RESULTADOS E DISCUSSÃO**

O algoritmo foi testado e validado em mais de seiscentas propriedades vitícolas do município de Monte Belo do Sul, RS, no trabalho piloto de georreferenciamento do Cadastro Vitícola

(MELO; MACHADO, 2008). O algoritmo funcionou corretamente na primeira tentativa em cerca de 90% dos casos. A maioria dos casos de erro foi devido a falhas de digitação do nome dos pontos, facilmente identificadas e corrigidas. Em alguns casos, o algoritmo não ordenou corretamente um dos setores, sendo necessário modificar a ordem das linhas para corrigir o erro. Além de um arquivo de texto com a lista de pontos ordenados, o programa MapaGPS gera também um desenho das áreas em formato PDF, bem como um arquivo em formato ESRI Shapefile, de modo que eventuais erros de ordenamento podem ser facilmente verificados.

Algumas situações peculiares ocorreram no processamento dos dados. Houve um caso de ponto que se comunicava com cinco setores distintos. Como o algoritmo só prevê o máximo de quatro, foi necessário duplicar a linha com o ponto e ajustar a nomenclatura. Por exemplo o ponto que seria denominado 1.12345 passou a ser representado pelos dois pontos 1.1234 e 1.345. Da mesma forma, se houvesse algum caso de ponto com seis setores do tipo 1.123456, ele poderia ser representado pelos dois pontos 1.1234 e 1.3456.

Outra peculiaridade que ocorreu em um pequeno número de casos (menos de 1%) foi a existência de *ilhas* (áreas sem cultivo ou com cultivo de outra espécie) dentro dos vinhedos. Nesse caso, se havia uma linha de divisão de setores que fosse do limite externo do vinhedo até a ilha, os pontos eram renomeados de forma que o contorno externo fosse representado como se houvesse um “corredor” de largura zero ao longo da divisão. No caso em que a ilha estava isolada dentro de um setor, uma divisão artificial foi criada de um ponto da ilha até a borda do setor.

O algoritmo está sendo usado no georreferenciamento do Cadastro Vitícola do Rio Grande do Sul. O seu uso pode ser facilmente expandido para outras culturas, sem necessidade de qualquer ajuste.

## 5. CONCLUSÕES

O algoritmo desenvolvido permite uma redução do trabalho de georreferenciamento de áreas agrícolas a campo e a automação da geração de mapas a partir da lista de pontos coletados. Nos poucos casos em que o algoritmo não ordena corretamente todos os pontos na primeira tentativa, é possível corrigir o problema com pequenos ajustes no arquivo de entrada de dados. Possibilidades de melhoria no algoritmo incluem a sua generalização para incluir casos de pontos ligados a mais de 4 setores de forma automática. O algoritmo foi testado em vinhedos, mas a metodologia se aplica a qualquer tipo de área de produção agropecuária, bem como é possível a implementação em outras linguagens de programação.

## 6. REFERÊNCIAS

- FIALHO, F. B.; MELLO, L. M. R.; GUZZO, L. C. **Metodologia de georreferenciamento do Cadastro Vitícola**. Bento Gonçalves: Embrapa Uva e Vinho, 2005. 26 p. (Documentos, 50).
- MELLO, L. M. R.; MACHADO, C. A. E. (ed). **Cadastro vitícola do Rio Grande do Sul 2005 a 2007**. Bento Gonçalves: Embrapa Uva e Vinho, 2008. CD-ROM.
- SARMENTO, E. C.; WEBER, E. J.; HASENACK, H. Mapeamento de vinhedos no Vale dos Vinhedos, Rio Grande do Sul, Brasil, utilizando aerolevantamento e sistemas de informação geográfica. In: Congresso Latinoamericano de Viticultura y Enologia, 11, 2007, Mendoza. **Seduciendo al consumidor de hoy: anales**, Mendoza: INV: CLEIFRA, 2007. CD-ROM.
- SILVA, P. R. **Técnicas de sensoriamento remoto e radiometria aplicadas a vinhedos em duas regiões do Rio Grande do Sul, Brasil**. Dissertação de Mestrado. Porto Alegre: UFRGS, 2006. 87 p.