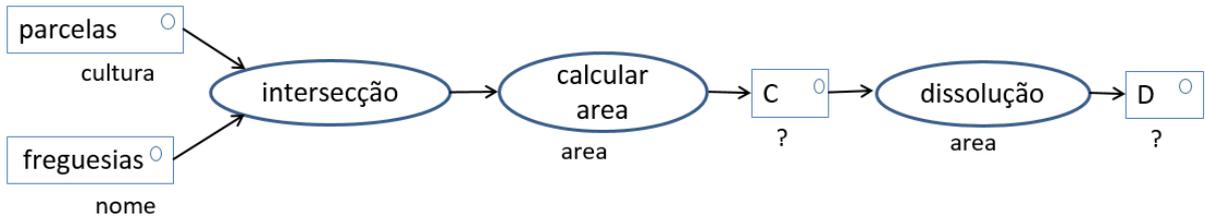
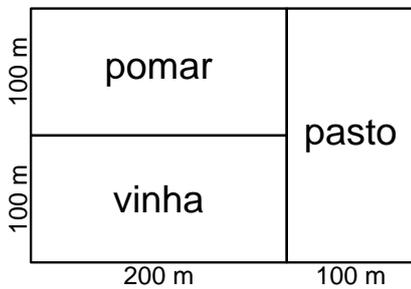


1. (2 val.) Considere o seguinte diagrama de operações num SIG que usa um sistema de coordenadas cartográfico em metros

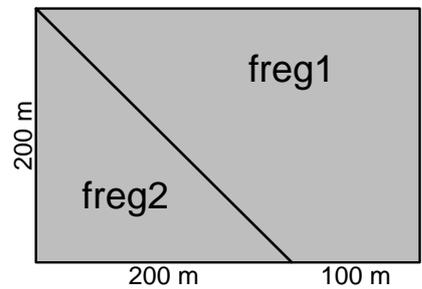


em que *parcelas* é um conjunto de dados geográficos vectorial (cdg) com três *features* e com um atributo *cultura* cujo valor para cada *feature* é indicado sobre a figura. *freguesias* é um cdg com duas *features* e um atributo *nome* cujo valor para cada *feature* é indicado sobre a figura. Os dois cdg têm a mesma extensão e o mesmo sistema de coordenadas.

cdg *parcelas* e valores do atributo *cultura*

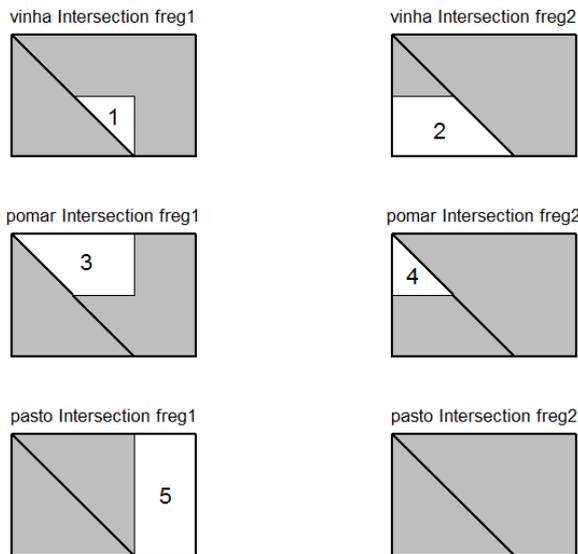


cdg *freguesias* e valores do atributo *nome*



(a) Represente os objectos geométricos e a tabela de atributos de *C*.

Proposta de resolução. A operação de intersecção origina as 5 *features* seguintes:



A operação de cálculo de área não altera as *features*, e por isso o cdg *C* tem exactamente as mesmas 5 *features*. A tabela de atributos de *C* é a seguinte:

	cultura	nome	area
1	vinha	freg1	5000
2	vinha	freg2	15000
3	pomar	freg1	15000
4	pomar	freg2	5000
5	pasto	freg1	20000

(b) Represente os objectos geométricos e a tabela de atributos de D .

Proposta de resolução. A operação de dissolução agrega as *features* com o mesmo valor para o atributo *area*, removendo as fronteiras interiores. Neste caso não há fronteiras interiores e por isso a agregação das *features* 1 e 4 dá origem a uma *feature* multiparte, assim como a agregação das *features* 2 e 3. O cdg D tem 3 *features* e apenas um único atributo (*area*).

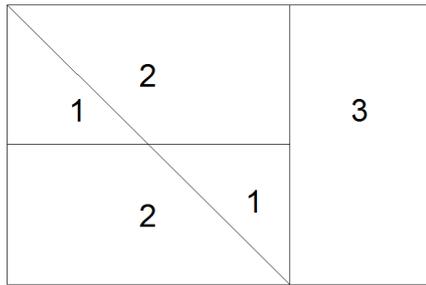


Tabela de atributos:

	area
1	5000
2	15000
3	20000

2. (1.5 val.) Os subsídios agrícolas da UE aplicam-se a superfícies agrícolas e a gado. Considere um cdg de polígonos em que cada *feature* representa o conjunto das parcelas elegíveis de uma exploração agrícola. Para simplificar, suponha que cada exploração apenas tem um tipo de ocupação agrícola elegível e um tipo de gado tal como exemplificado na tabela abaixo

ID	gadoTipo	N	supTipo
001134	BOV	35	1
312441	OVI	58	2
210012	OVI	82	1
561174	CAP	20	1
...

onde ID é a identificação da exploração, *gadoTipo* é o tipo de gado, N é o número de cabeças de gado desse tipo na exploração e *supTipo* é o tipo de subsídio de superfície. Os domínios desses atributos são: ID[inteiro; 6], tipoGado[texto; 3], N[inteiro; 6], e supTipo[inteiro; 2].

Para fazer a gestão dos subsídios é necessário incluir igualmente no SIG informação sobre o **subsídio por cabeça de gado** (em euros) para cada tipo de gado, o **subsídio de superfícies** (em euros/ha) de cada tipo, o **número de identificação fiscal** (9 dígitos) e o **nome** do proprietário da exploração. Pretende-se igualmente registar o **código** e **designação** da entidade (a direcção regional) que é responsável pela fiscalização da exploração. O mesmo proprietário pode possuir várias explorações e uma entidade fiscaliza várias explorações. Descreva as tabelas de dados geográficos e de dados não geográficos que devem ser incluídas no SIG: cada tabela deve ser descrita pelo seu esquema da forma NomeTabela(atributo1, atributo2, ...), as chave primárias devem ser indicadas por um sublinhado a cheio e as chaves estrangeiras por um sublinhado a tracejado. Deve-se também sugerir um domínio para cada atributo para além dos indicados acima. A base de dados deve estar normalizada para evitar redundâncias.

Proposta de resolução. O SIG deveria ter as 5 tabelas seguintes:

- *exploracoes*(ID, gadoTipo, N, supTipo, NIF, codigoEnt), uma tabela associada a um conjunto de dados geográficos do tipo “polígono”, em que cada *feature* corresponde a uma exploração, sendo NIF o NIF do proprietário e *codigoEnt* o código da entidade fiscalizadora;
- *subsídioGado*(gadoTipo, gadoValor) uma tabela de dados não geográficos, em que *gadoValor* é o valor do subsídio (em euros) para cada cabeça de gado do tipo respectivo;
- *subsídioSup*(supTipo, supValor) uma tabela de dados não geográficos, em que *supValor* é o valor do subsídio (em euros/ha) para a ocupação elegível do tipo respectivo;
- *proprietarios*(NIF, nome) uma tabela de dados não geográficos, em que *nome* é o nome associado ao NIF respectivo;
- *entidades*(codigo, designacao) uma tabela de dados não geográficos, em que *designacao* é a designação da entidade fiscalizadora com código *codigo*.

Os domínios dos restantes atributos poderiam ser por exemplo: NIF[inteiro;9], *codigoEnt*[texto;6], *codigo*[texto;6], *gadoValor*[real;10;2], *supValor*[real;10;2], *nome*[texto; 60], *designacao*[texto;80].

3. (3 val.) Suponha que um SIG tem o seguintes cdg:

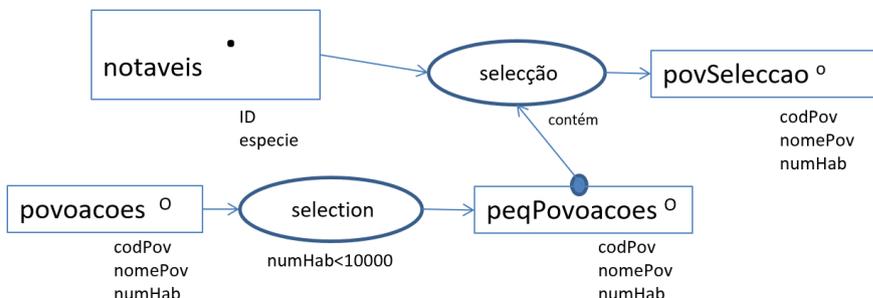
- (a) Um cdg do tipo “polígono” com os limites de povoações, código, nome e número de habitantes:
povoacoes(codPov, nomePov, numHab);

- (b) Um cdg do tipo “ponto” com a localização de árvores notáveis, o seu código e a espécie: `notaveis(ID, especie)`;
- (c) Um cdg do tipo “linha” com a localização, código e nome de rios: `rios(codigo, nomeRio)`.

Para cada uma das questões abaixo, apresente um diagrama de operações que mostre como se obtém a respectiva resposta. O diagrama de operações deve indicar os nomes dos conjuntos de dados, o seu tipo e os seus atributos atributos, e também nomes, parâmetros e prioridade (quando se aplique) das operações. As operações que pode usar são *selecção*, *geração de buffers*, e *intersecção*.

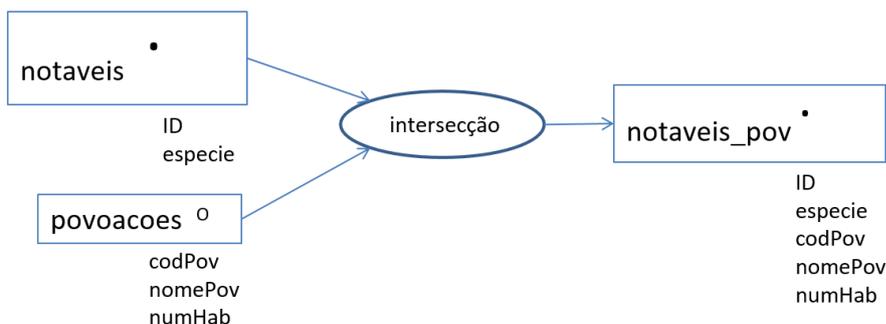
- (a) Identificar as povoações com menos de 10000 habitantes que contém pelo menos uma árvore notável.

Proposta de resolução.



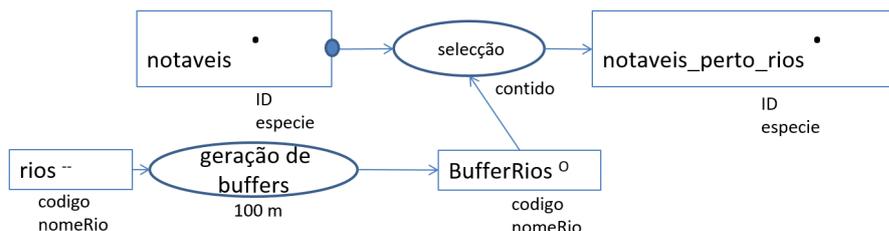
- (b) Associar a cada árvore notável o nome da povoação a que pertence, caso pertença a alguma (i.e. a tabela de atributos do resultado deverá ter as colunas ID e nomePov);

Proposta de resolução.



- (c) Determinar as árvores notáveis que se situam a menos de 100 m de um rio.

Proposta de resolução.



- 4. (2 val.) Considere o seguinte modelo digital de elevação **MDE** com uma resolução de 80 metros e os conjuntos de dados geográficos matriciais **S_x** e **S_y** com, respectivamente, os declives derivados de **MDE** na direcção dos *x* e dos *y*.

MDE (resolucao=80m)

	412	418	418	402	385	390	403	400	386
	378	387	382	364	347	355	367	360	352
	341	354	344	320	303	314	326	317	311
	306	319	307	279	259	270	283	274	267
	274	282	269	241	217	227	239	228	223

Sx (declive na direccao dos x)

		0.03	-0.15	-0.23	-0.06	0.13	0.04	-0.1	
		0.02	-0.2	-0.26	-0.05	0.14	0.02	-0.1	
		0	-0.24	-0.3	-0.06	0.15	0.02	-0.1	

Sy (declive na direccao dos y)

		0.43	0.46	0.5	0.5	0.49	0.49	0.5	
		0.44	0.47	0.52	0.54	0.53	0.53	0.53	
		0.45	0.47	0.5	0.53	0.54	0.55	0.55	

- (a) Determine o valor estimado do declive do terreno – na direcção de maior declive – no pixel cinzento.
Proposta de resolução. O declive na direcção de maior declive é dado por $\sqrt{0.05^2 + 0.54^2} = 0.5423 = 54.23\%$.
- (b) Determine a orientação da encosta nesse mesmo pixel cinzento (azimute em graus e octante).
Proposta de resolução. Pela observação de **MDE** é fácil perceber que a orientação da encosta é sul. Mais especificamente, a orientação da encosta, ou direcção de escoamento, é dada pelo vector $(-S_x, -S_y) = (0.05, -0.54)$ que pertence ao segundo quadrante. O azimute dessa direcção estará portanto entre 90° e 180° . Mais precisamente é $180^\circ + \arctan(S_x/S_y) = 180^\circ + \arctan(-.05/.54) = 180^\circ - 5.29^\circ = 174.70^\circ$, o que confirma que o octante é sul.
- (c) Escreva uma expressão usando operações aritméticas e lógicas para identificar os pixels que satisfazem **por menos uma** das seguintes duas condições:
- declive ao longo dos x estritamente positivo e elevação superior a 300 m;
 - declive ao longo dos y estritamente superior a 0.5.

Os pixels identificados acima deverão ter valor 1, tendo os restantes valor 0 (use a convenção segundo a qual o valor lógico **verdade** é 1 e o valor **falso** é 0).

Proposta de resolução.

$$(S_x > 0 \text{ AND } MDE > 300) \text{ OR } (S_y > 0.5).$$

- (d) Represente, numa nova grelha, o resultado da operação acima.

Proposta de resolução.

		1	0	0	0	1	1	0	
		1	0	1	1	1	1	1	
		0	0	0	1	1	1	1	

5. (1.5 val.) Considere os conjuntos de dados do tipo “raster” seguintes extraídos de uma mesma imagem. Indique, justificando, o histograma correcto para cada um. Note que o eixo dos x indica valores crescentes dos pixels, e o eixo dos y indica frequências. Em cada histograma as linhas verticais representam, da esquerda para a direita, sinal da superfície de 0%, 10%, 20%, e assim sucessivamente.



Imagem 1

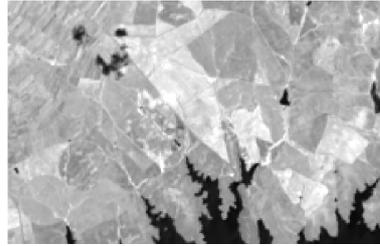


Imagem 2

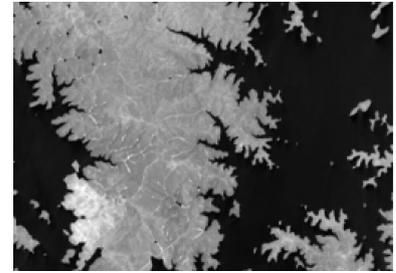
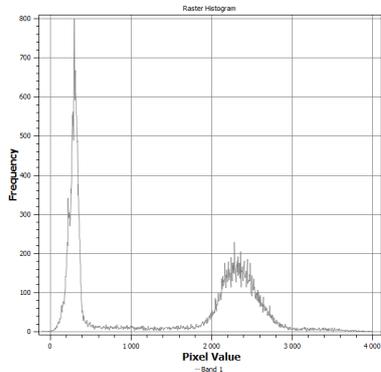
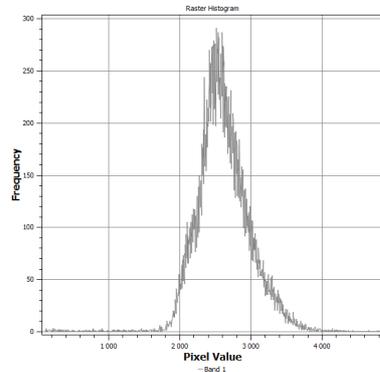


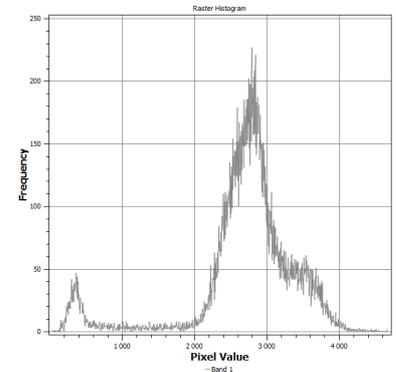
Imagem 3



Histograma A



Histograma B



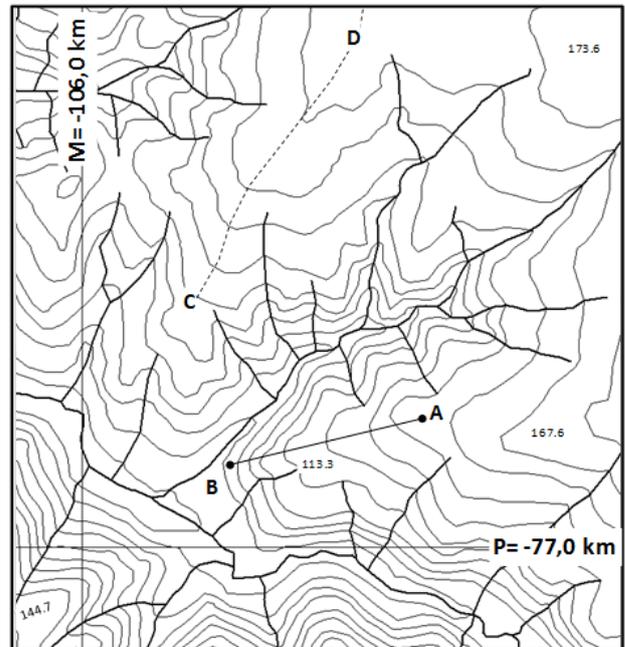
Histograma C

Proposta de resolução. A imagem 1 é relativamente homogênea, com um muito pequeno número de pixels com valores baixos. O histograma correspondente é o histograma B. As imagens 2 e 3 em contrapartida têm pixels com valores muito baixos que contrastam com os restantes pixels com valores mais altos. Como a área abaixo do histograma é proporcional ao número de pixels é fácil concluir que a imagem 2 corresponde ao histograma C e que a imagem 3 corresponde ao histograma A.

6. (2 val.) A figura abaixo representa um extracto de uma carta à escala 1:25000, georreferenciada no sistema ETRS89/TM-PT06. A equidistância gráfica das curvas de nível é de 0.4 mm. O quadro apresenta os comprimentos das normais medidas na carta respectivamente à meridiana e à paralela representadas na figura.

Distância a:	
M = -106 km	P = -77 km
A 43.5 mm	17.0 mm
B 19.0 mm	10.5 mm

- Calcule as coordenadas rectangulares dos pontos A e B no sistema de referência da carta;
- Calcule aproximadamente o declive entre A e B;
- Calcule o azimute da linha AB;
- Caracterize a linha a traço interrompido representada na carta, entre os pontos C e D,
- Calcule, justificando, as coordenadas dos pontos A e B no sistema TM – WGS84 Militar.



Proposta de resolução

(a) As coordenadas (em metros) para o ponto A são dadas por

$$x = -106000m + 25000 \times 43.5mm = -106000m + 1087500mm = -104912.5m$$

$$y = -77000m + 25000 \times 17mm = -77000m + 425000mm = -76575m$$

As coordenadas (em metros) para o ponto B são dadas por

$$x = -106000m + 25000 \times 19mm = -106000m + 475000mm = -105525m$$

$$y = -77000m + 25000 \times 10.5mm = -77000m + 262500mm = -76737.5m$$

- (b) Para determinar o declive, é necessário estimar em primeiro lugar o desnível DN_{AB} . Pela observação dos pontos cotados com cotas 113.3 e 167.6, separados por 5 curvas de nível, conclui-se que a equidistância natural é de 10 m (em alternativa, 10m pode ser obtido convertendo a equidistância gráfica usando a escala da carta). Assim, A está aproximadamente a igual distância das curvas de nível de cota 150 m e de cota 140 m, tendo assim uma cota estimada de 145 m. Da mesma forma, conclui-se que B tem cota aproximadamente 75 m. O desnível é por isso aproximadamente 70 m.

O declive é a razão entre o desnível e a distância entre A e B. D_{AB} pode ser determinado a partir das coordenadas de A e B da alínea anterior, sendo

$$D_{AB} = \sqrt{[-104912.5 - (-105525)]^2 + [-76575 - (-76737.5)]^2} = 633.68m.$$

Assim, o declive é $70/633.68 = 11.1\%$.

- (c) Pela observação da carta, é fácil verificar que o azimute será ligeiramente inferior a 270° . Mais precisamente, calcula-se

$$\arctan(\Delta_x/\Delta_y) = \arctan \frac{-104912.5 - (-105525)}{-76575 - (-76737.5)} = 75.03^\circ$$

e soma-se a este valor 180° para obter o valor do azimute que é portanto 255.03° .

- (d) Trata-se de uma linha de fecho, dado que nos pontos de cruzamento com as curvas de nível, estas apontam para juzante.
- (e) Os dois sistemas de coordenadas diferem apenas numa translacção da origem das coordenadas cartográficas de 200 km na direcção dos x e de 300 km na direcção dos y . Assim, basta somar às coordenadas x e y de A e B os valores 200 km e 300 km respectivamente.

Assim, as coordenadas (em metros) para o ponto A no sistema TM – WGS84 Militar são dadas por

$$x = -104912.5 + 200000 = 95087.5m$$

$$y = -76575 + 300000 = 223425m$$

As coordenadas (em metros) para o ponto B no sistema TM – WGS84 Militar são dadas por

$$x = -105525 + 200000 = 94475m$$

$$y = -76737.5 + 300000 = 223262.5m$$

7. (2 val.) O satélite Sentinel 2-A da ESA foi lançado no final de 2015. A seu bordo transporta o sensor MSI cujas bandas 2, 3, 4 e 8, com resolução espacial de 10 m e uma largura de imagem (GFOV) de 290 km, estão associadas respectivamente às regiões espectrais do “azul”, “verde”, “vermelho” e “infravermelho próximo”. A resolução temporal deste sensor é de 10 dias sobre o Equador.

- (a) Qual é o significado de “resolução espacial”?

Proposta de resolução. Formalmente, é campo de visão instantâneo projectado no terreno para uma observação vertical. É interpretado como sendo o comprimento do lado de uma parcela no terreno que corresponde a um pixel da imagem de satélite quando a observação é vertical.

- (b) Qual é o significado de “resolução temporal”? Sobre Portugal essa resolução será inferior ou superior a 10 dias? Justifique.

Proposta de resolução. A resolução temporal (medido em dias ou horas) de um sensor é o intervalo de tempo entre observações sucessivas no mesmo local, possivelmente realizadas com ângulos de observação distintos. Se a resolução temporal é de 10 dias no Equador, então será menor sobre Portugal. Esta relação deve-se ao facto da largura de imagem ser idêntica (290 km) mas o perímetro do paralelo à latitude de Portugal ser menor do que o perímetro do Equador, o que permite haver observações mais frequentes do mesmo local.

- (c) Considere dois pixels A e B de uma imagem para os quais os valores de reflectância nessas quatro bandas

	bandas	2	3	4	8
são	A	0.05	0.15	0.1	0.45
	B	0.1	0.18	0.30	0.48

- i. Associe, justificando, cada um desses pixels a um dos seguintes tipos de ocupação do solo: (1) água profunda; (2) eucaliptal denso; (3) pastagem pobre no final do verão; (4) terraço de cimento.

Proposta de resolução A assinatura espectral do pixel A é tipicamente uma assinatura de vegetação verde e por isso deve ser associada a “eucaliptal denso” (2). A assinatura espectral do pixel B aproxima-se da assinatura típica de solo descoberto devendo corresponder a “pastagem pobre no final do verão” (3). O tipo de ocupação (4) teria tipicamente reflectâncias mais elevadas do que as de A e B. O tipo de ocupação (1) caracteriza-se por reflectâncias muito baixas, o que não se verifica de todo para A ou B.

ii. Determine o índice de vegetação NDVI para cada um dos pixels e comente;

Proposta de solução. Como $NDVI = (IVP - V)/(IVP + V)$ toma valores entre -1 e 1 (mas tipicamente entre 0 e 1), o valor para A é $(.45 - .1)/(.45 + .1) = 0.63$ que é um valor bastante elevado correspondente a vegetação verde, e o valor para B é $(.48 - .3)/(.48 + .3) = 0.23$ que é um valor relativamente baixo compatível com a ocupação “pastagem pobre”.

iii. Numa composição colorida RGB=843 qual dos pixels terá uma cor mais avermelhada? justifique.

Proposta de resolução. Nas bandas 3, 4 e 8, o pixel A tem um sinal destacado na banda 8, e portanto uma proporção de R (canal vermelho de RGB) bem maior do que a do canal G ou a do canal B na composição colorida, dando assim origem a uma cor avermelhada. O pixel B tem uma distribuição de sinais nos três canais RGB mais homogênea, não tendo uma tonalidade tão avermelhada. A composição RGB=843 é uma composição colorida em “falsa cor” e é tipicamente usada para realçar a vegetação nas imagens.