



Formação REN

Áreas de Elevado Risco de Erosão Hídrica do Solo

18/19/20 de Dezembro de 2019

Eusébio M. Reis

eusebioreis@campus.ul.pt

Selma B. Pena

selmapena@isa.ulisboa.pt



Instituto de Geografia
e Ordenamento do Território
UNIVERSIDADE DE LISBOA



INSTITUTO
SUPERIOR DE
AGRONOMIA
Universidade de Lisboa



apa
agência portuguesa
do ambiente



d.g.Território
Direção-Geral do Território

FUNDO
AMBIENTAL

ORGANIZAÇÃO DA SESSÃO

1. Enquadramento geral
2. **Fatores: cartografia e processos de cálculo
LS, R, K; EPS**
3. Validação e verificação dos resultados
4. Limiares de corte e generalização

Formação REN - Áreas de Elevado Risco de Erosão Hídrica do Solo – 18/19/20 de Dezembro de 2019



Instituto de Geografia
e Ordenamento do Território
UNIVERSIDADE DE LISBOA



INSTITUTO
SUPERIOR D
AGRONOMIA
Universidade de Lisboa



1. Enquadramento geral

FATORES DE EROÇÃO HÍDRICA DO SOLO

$$A = f (R, K, L, S, C, P)$$

- **A** é a perda de solo
- **R**: ação da chuva e escoamento
- **K**: influência das características do solo
- **L**: influência da extensão das vertentes
- **S** influência da inclinação das vertentes
- **C**: proteção da cobertura do solo
- **P**: proteção por práticas agrícolas

Formação REN - Áreas de Elevado Risco de Erosão Hídrica do Solo – 18/19/20 de Dezembro de 2019



Instituto de Geografia
e Ordenamento do Território
UNIVERSIDADE DE LISBOA



INSTITUTO
SUPERIOR DE
AGRONOMIA
Universidade de Lisboa



1. Enquadramento geral

$$A = R K L S C P$$

• **A** é a perda de solo calculada ($\text{t ha}^{-1} \text{ano}^{-1}$)

Fatores:

- **R**: erosividade da chuva/escoamento ($\text{valores de centenas a milhares; MJ mm ha}^{-1} \text{h}^{-1} \text{ano}^{-1}$)
 - **K**: erodibilidade do solo ($\text{valores de 0 a 0,1; t h ha MJ}^{-1} \text{ha}^{-1} \text{mm}^{-1}$)
 - **L**: comprimento das vertentes
 - **S**: inclinação das vertentes
 - **C**: cobertura do solo
 - **P**: prática agrícola
- Normalmente obtidos em conjunto (fator topográfico)
(valores de unidades a algumas dezenas; adimensional)
- (valores de 0 a 1; adimensional)

Formação REN - Áreas de Elevado Risco de Erosão Hídrica do Solo – 18/19/20 de Dezembro de 2019

1. Enquadramento geral

$$A = \boxed{R \ K \ L \ S} \ C \ \boxed{P}$$

Formação REN - Áreas de Elevado Risco de Erosão Hídrica do Solo – 18/19/20 de Dezembro de 2019



Instituto de Geografia
e Ordenamento do Território
UNIVERSIDADE DE LISBOA



INSTITUTO
SUPERIOR D
AGRONOMIA
Universidade de Lisboa



1. Enquadramento geral

$$A = \boxed{R K L S} \boxed{C} \boxed{P}$$



Formação REN - Áreas de Elevado Risco de Erosão Hídrica do Solo – 18/19/20 de Dezembro de 2019



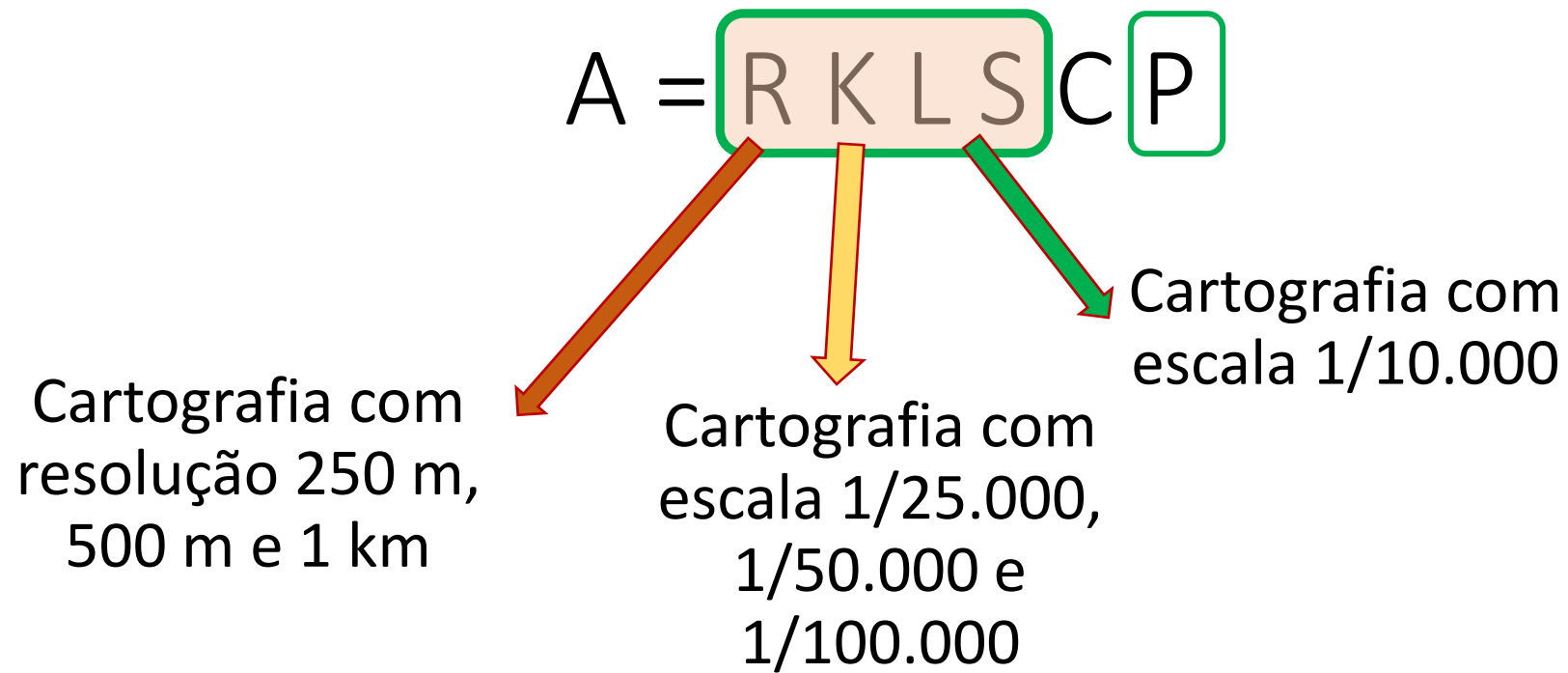
Instituto de Geografia
e Ordenamento do Território
UNIVERSIDADE DE LISBOA



INSTITUTO
SUPERIOR D
AGRONOMIA
Universidade de Lisboa



1. Enquadramento geral



Formação REN - Áreas de Elevado Risco de Erosão Hídrica do Solo – 18/19/20 de Dezembro de 2019



Instituto de Geografia
e Ordenamento do Território
UNIVERSIDADE DE LISBOA



INSTITUTO
SUPERIOR D
AGRONOMIA
Universidade de Lisboa



2. Fatores: cartografia e processos de cálculo

CARTOGRAFIA BASE – LEVANTAMENTO TOPOGRÁFICO

Formação REN - Áreas de Elevado Risco de Erosão Hídrica do Solo – 18/19/20 de Dezembro de 2019



Instituto de Geografia
e Ordenamento do Território
UNIVERSIDADE DE LISBOA



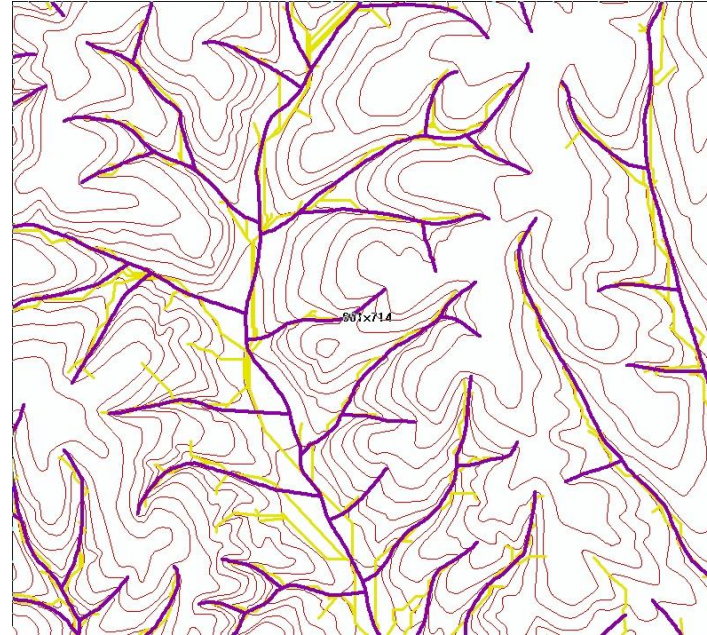
INSTITUTO
SUPERIOR D
AGRONOMIA
Universidade de Lisboa



2. Fatores: cartografia e processos de cálculo

Cartografia topográfica detalhada
(1:10.000 – curvas de nível com
equidistância de 5 metros)

Rede hidrográfica



Formação REN - Áreas de Elevado Risco de Erosão Hídrica do Solo – 18/19/20 de Dezembro de 2019



Instituto de Geografia
e Ordenamento do Território
UNIVERSIDADE DE LISBOA



INSTITUTO
SUPERIOR D
AGRONOMIA
Universidade de Lisboa



2. Fatores: cartografia e processos de cálculo

fator topográfico pretende representar a importância relativa da relação entre o comprimento de uma vertente (*Lenght*) e o seu declive (*Slope*), na erosão hídrica dos solos.

Para o fator extensão das vertentes (*L*):

$$L = \left(\frac{\lambda}{22,13} \right)^m$$

Para o fator declive (*S*):

$$S = 10,8 \operatorname{sen} \theta + 0,03, \text{ para declive} < 9 \% (5,14^\circ)$$

$$S = 16,8 \operatorname{sen} \theta - 0,50, \text{ para declive} \geq 9 \% (5,14^\circ)$$

Formação REN - Áreas de Elevado Risco de Erosão Hídrica do Solo – 18/19/20 de Dezembro de 2019



Instituto de Geografia
e Ordenamento do Território
UNIVERSIDADE DE LISBOA



INSTITUTO
SUPERIOR DE
AGRONOMIA
Universidade de Lisboa



2. Fatores: cartografia e processos de cálculo

Em curso na DGT, manual de apoio à elaboração do LS

Formação REN - Áreas de Elevado Risco de Erosão Hídrica do Solo – 18/19/20 de Dezembro de 2019



Instituto de Geografia
e Ordenamento do Território
UNIVERSIDADE DE LISBOA



INSTITUTO
SUPERIOR D
AGRONOMIA
Universidade de Lisboa



2. Fatores: cartografia e processos de cálculo

Preparação dos conteúdos Base para calculo do LS

Formação REN - Áreas de Elevado Risco de Erosão Hídrica do Solo – 18/19/20 de Dezembro de 2019



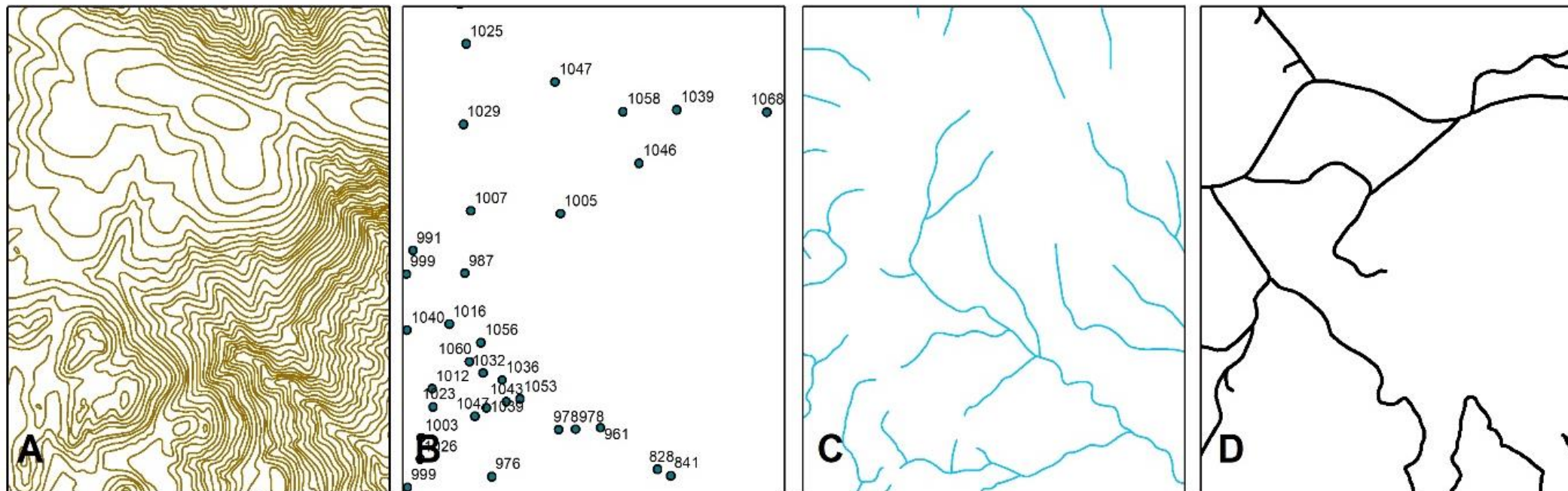
Instituto de Geografia
e Ordenamento do Território
UNIVERSIDADE DE LISBOA



INSTITUTO
SUPERIOR D
AGRONOMIA
Universidade de Lisboa



2. Fatores: cartografia e processos de cálculo



Formação REN - Áreas de Elevado Risco de Erosão Hídrica do Solo – 18/19/20 de Dezembro de 2019



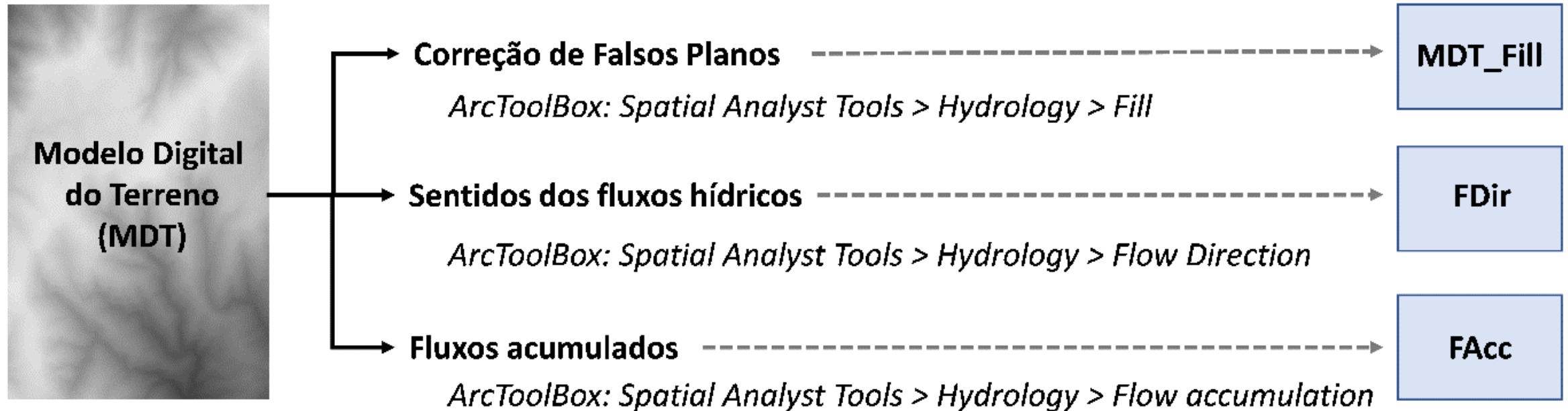
Instituto de Geografia
e Ordenamento do Território
UNIVERSIDADE DE LISBOA



INSTITUTO
SUPERIOR DE
AGRONOMIA
Universidade de Lisboa



2. Fatores: cartografia e processos de cálculo



Formação REN - Áreas de Elevado Risco de Erosão Hídrica do Solo – 18/19/20 de Dezembro de 2019



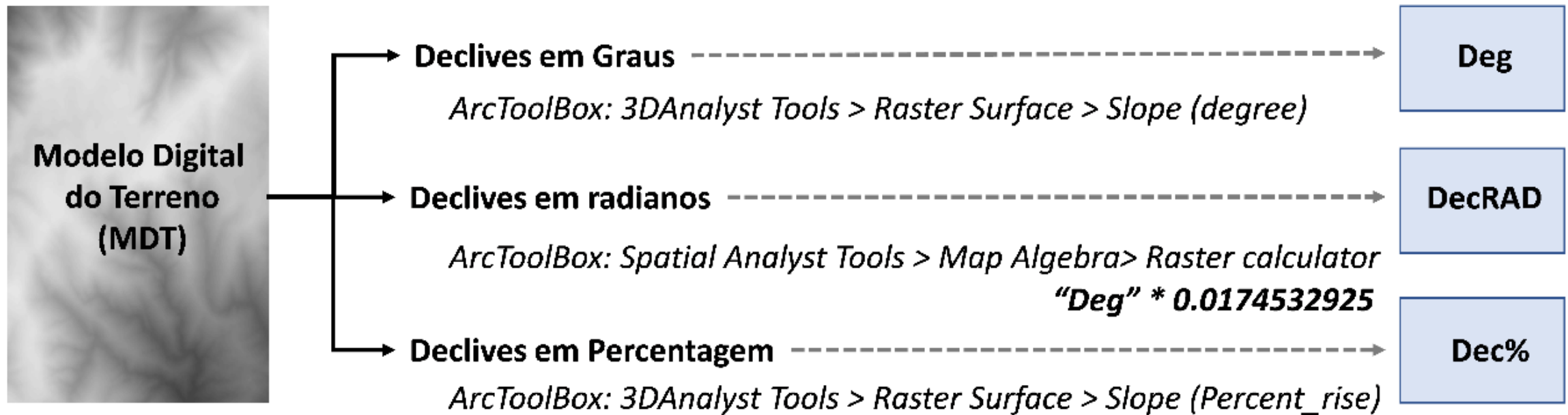
Instituto de Geografia
e Ordenamento do Território
UNIVERSIDADE DE LISBOA



INSTITUTO
SUPERIOR DE
AGRONOMIA
Universidade de Lisboa



2. Fatores: cartografia e processos de cálculo



Formação REN - Áreas de Elevado Risco de Erosão Hídrica do Solo – 18/19/20 de Dezembro de 2019



Instituto de Geografia
e Ordenamento do Território
UNIVERSIDADE DE LISBOA



INSTITUTO
SUPERIOR DE
AGRONOMIA
Universidade de Lisboa



2. Fatores: cartografia e processos de cálculo

Cálculo do Factor L e Factor S

Formação REN - Áreas de Elevado Risco de Erosão Hídrica do Solo – 18/19/20 de Dezembro de 2019



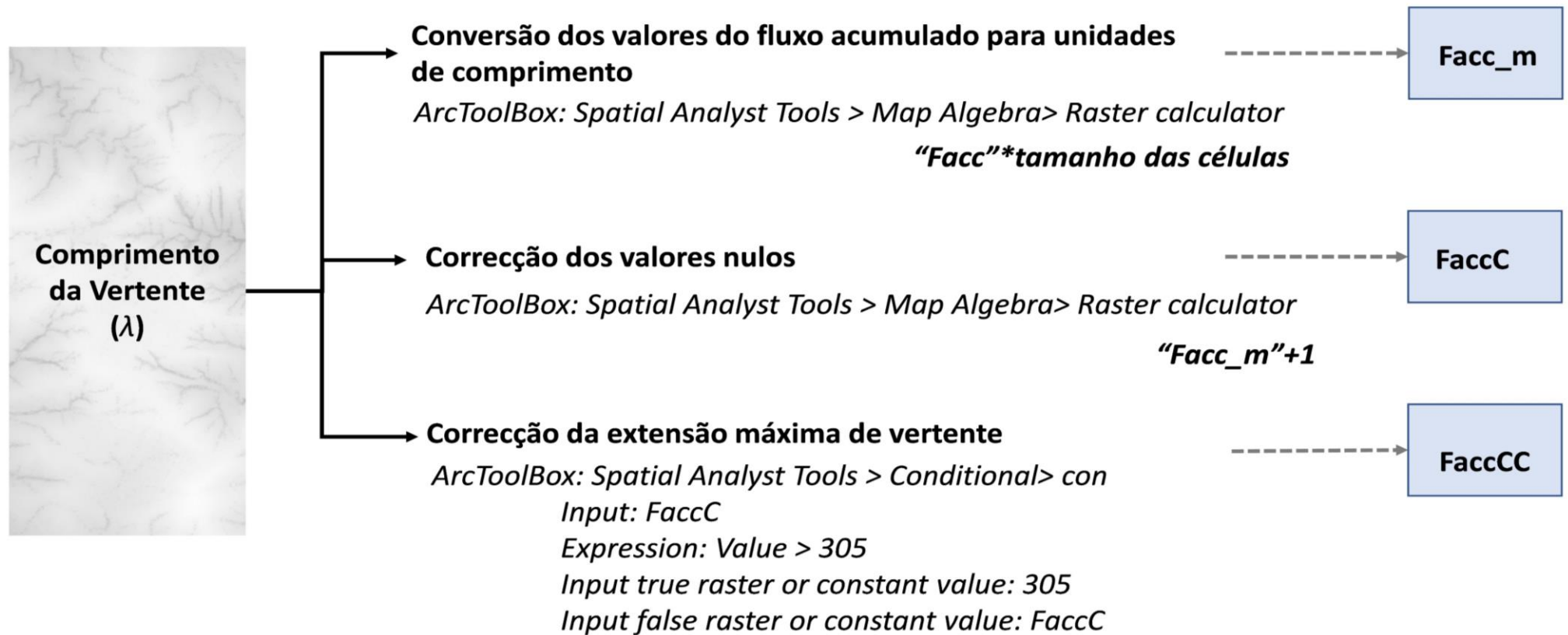
Instituto de Geografia
e Ordenamento do Território
UNIVERSIDADE DE LISBOA



INSTITUTO
SUPERIOR D
AGRONOMIA
Universidade de Lisboa



2. Fatores: cartografia e processos de cálculo



Formação REN - Áreas de Elevado Risco de Erosão Hídrica do Solo – 18/19/20 de Dezembro de 2019



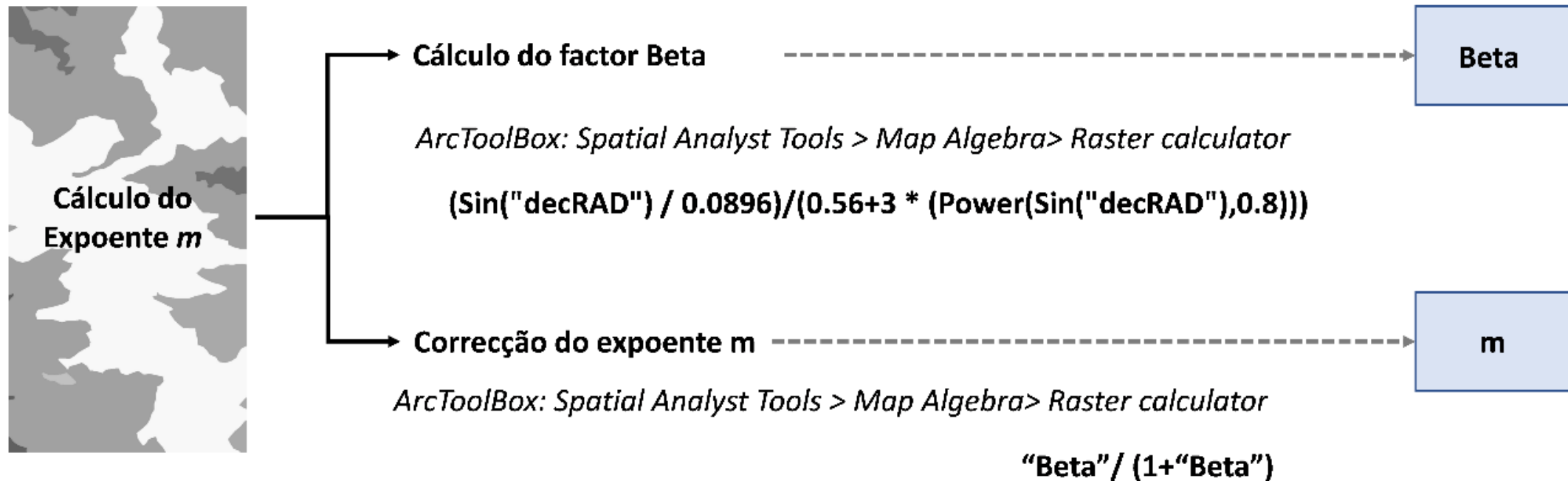
Instituto de Geografia
e Ordenamento do Território
UNIVERSIDADE DE LISBOA



INSTITUTO
SUPERIOR D
AGRONOMIA
Universidade de Lisboa



2. Fatores: cartografia e processos de cálculo



Formação REN - Áreas de Elevado Risco de Erosão Hídrica do Solo – 18/19/20 de Dezembro de 2019



Instituto de Geografia
e Ordenamento do Território
UNIVERSIDADE DE LISBOA



INSTITUTO
SUPERIOR DE
AGRONOMIA
Universidade de Lisboa



2. Fatores: cartografia e processos de cálculo



$$s > 5 \% \quad m = 0,5$$

$$3 \% < s < 5 \% \quad m = 0,4$$

$$1 \% < s < 3 \% \quad m = 0,3$$

$$s < 1 \% \quad m = 0,2$$

Formação REN - Áreas de Elevado Risco de Erosão Hídrica do Solo – 18/19/20 de Dezembro de 2019



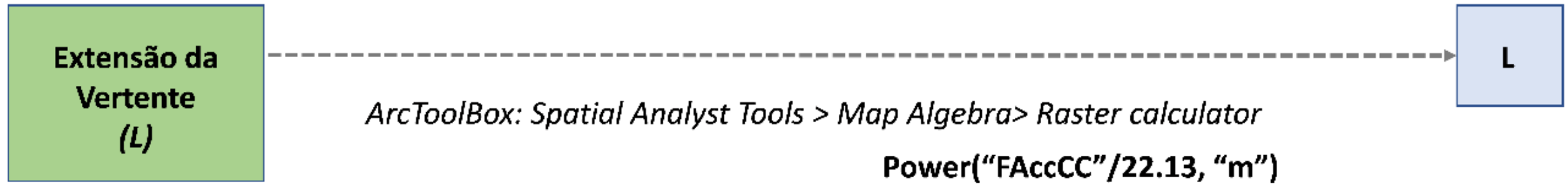
Instituto de Geografia
e Ordenamento do Território
UNIVERSIDADE DE LISBOA



INSTITUTO
SUPERIOR D
AGRONOMIA
Universidade de Lisboa



2. Fatores: cartografia e processos de cálculo



Formação REN - Áreas de Elevado Risco de Erosão Hídrica do Solo – 18/19/20 de Dezembro de 2019



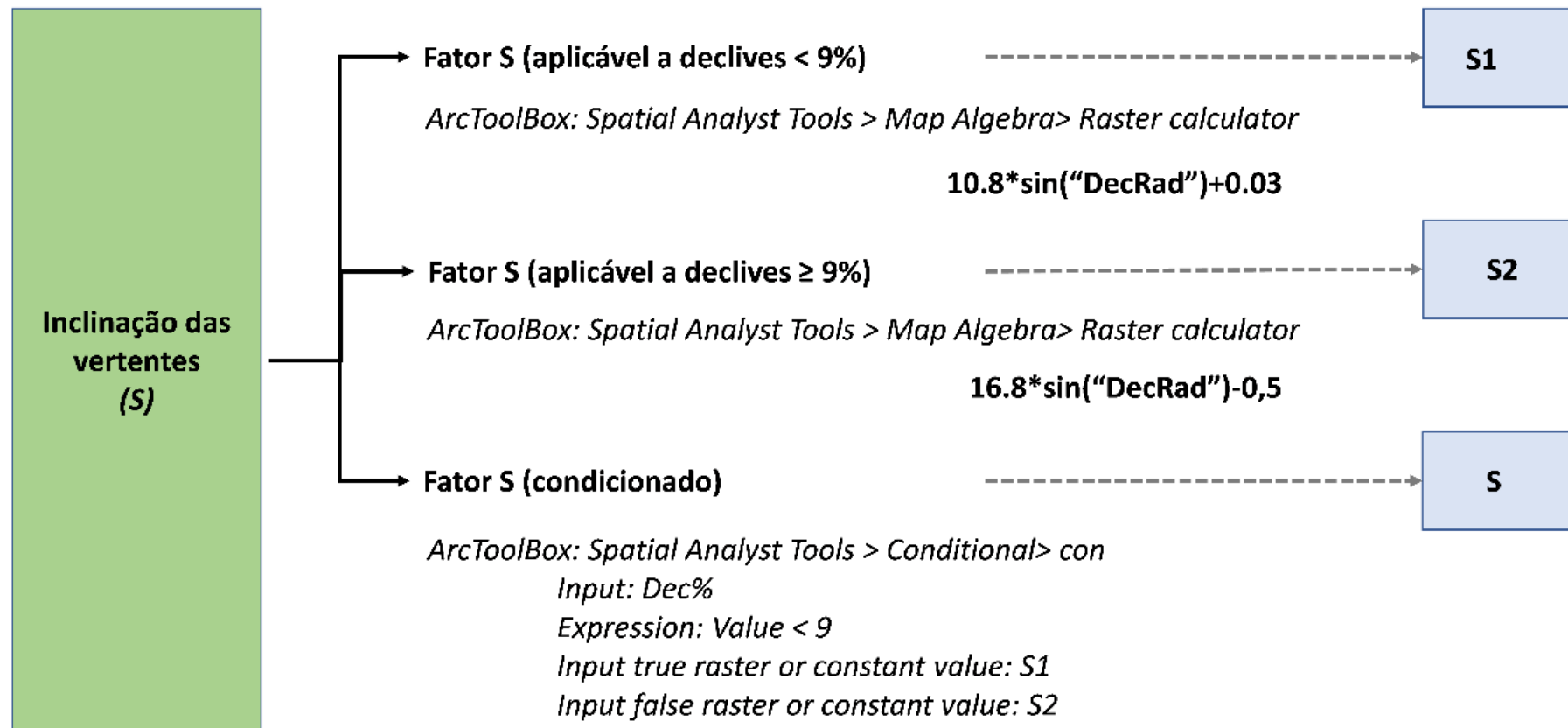
Instituto de Geografia
e Ordenamento do Território
UNIVERSIDADE DE LISBOA



INSTITUTO
SUPERIOR DE
AGRONOMIA
Universidade de Lisboa



2. Fatores: cartografia e processos de cálculo



Formação REN - Áreas de Elevado Risco de Erosão Hídrica do Solo – 18/19/20 de Dezembro de 2019



Instituto de Geografia
e Ordenamento do Território
UNIVERSIDADE DE LISBOA



INSTITUTO
SUPERIOR DE
AGRONOMIA
Universidade de Lisboa



2. Fatores: cartografia e processos de cálculo

$$LS = L \times S$$

ArcToolBox: Spatial Analyst Tools > Map Algebra> Raster calculator
"L"*"S"

Formação REN - Áreas de Elevado Risco de Erosão Hídrica do Solo – 18/19/20 de Dezembro de 2019



Instituto de Geografia
e Ordenamento do Território
UNIVERSIDADE DE LISBOA



INSTITUTO
SUPERIOR D
AGRONOMIA
Universidade de Lisboa



2. Fatores: cartografia e processos de cálculo

CARTOGRAFIA BASE - PRECIPITAÇÃO

Formação REN - Áreas de Elevado Risco de Erosão Hídrica do Solo – 18/19/20 de Dezembro de 2019



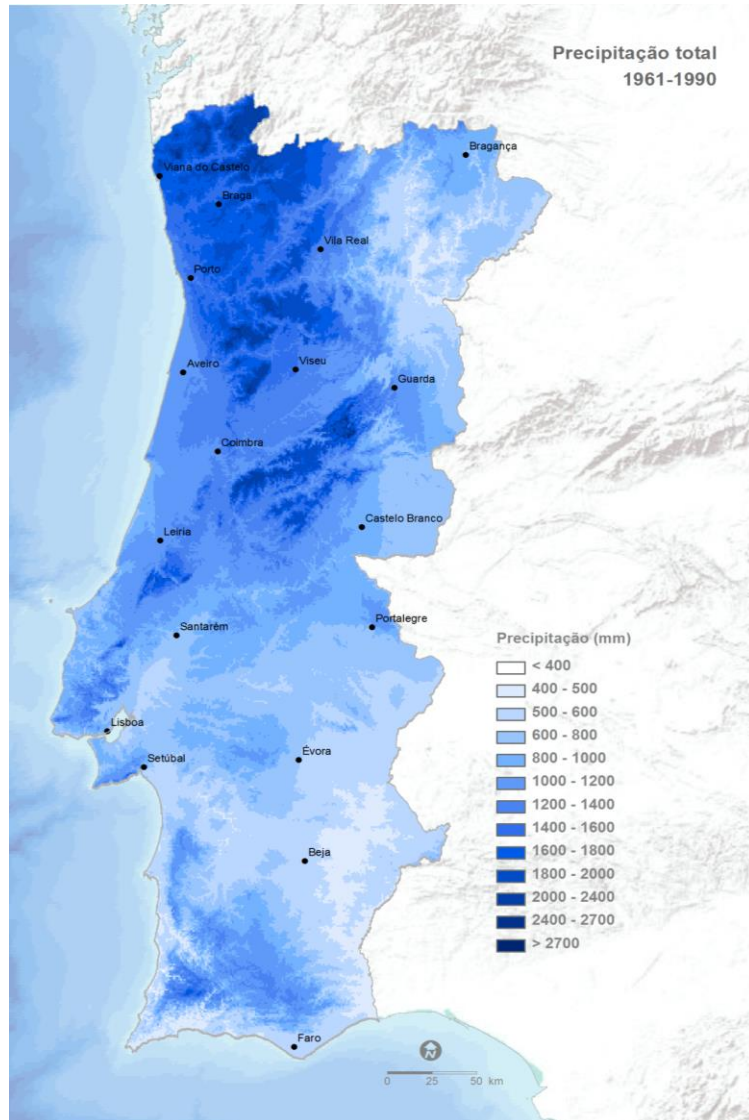
Instituto de Geografia
e Ordenamento do Território
UNIVERSIDADE DE LISBOA



INSTITUTO
SUPERIOR DE
AGRONOMIA
Universidade de Lisboa



2. Fatores: cartografia e processos de cálculo



PTDC/AUR-URB/119340/2010 «Ordenamento Potencial Da

Paisagem De Base Ecológica Aplicação A Portugal»

Normais Climatológicas do período de 30 anos entre 1961-1990.

Foi utilizada para esse período a informação proveniente de todas as estações da rede nacional de estações do Instituto Português do Mar e da Atmosfera (IPMA) localizadas em Portugal Continental.

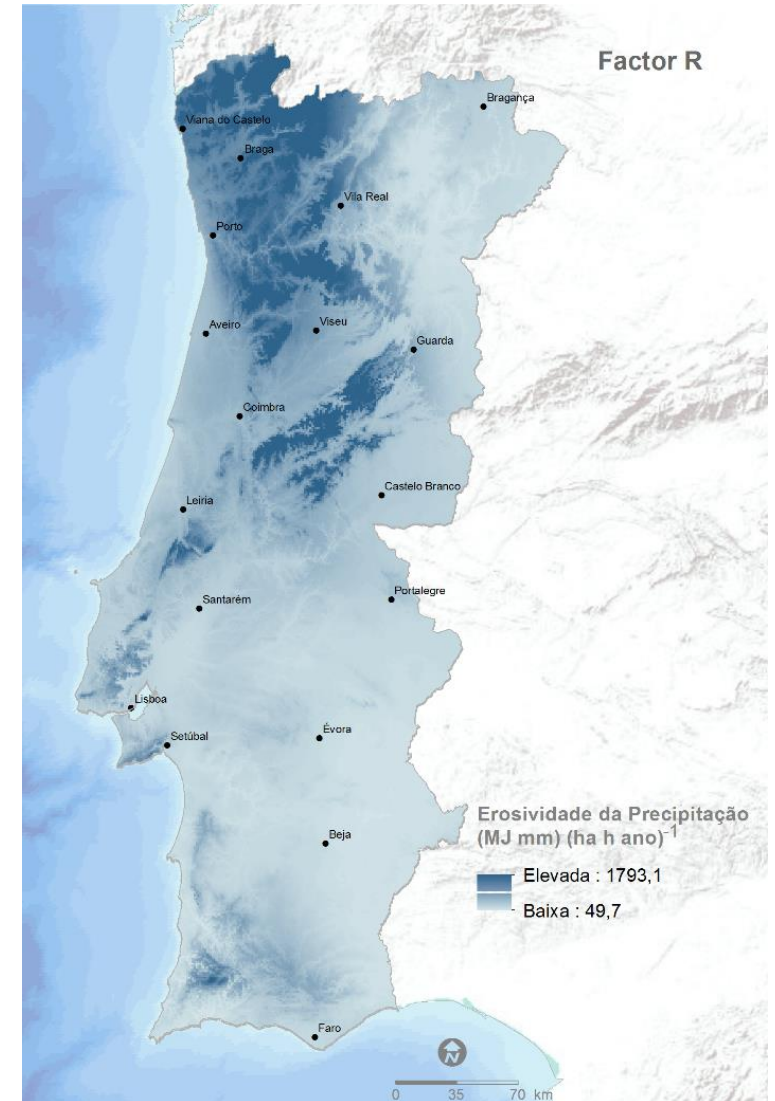
As variáveis meteorológicas relativas às diferentes estações meteorológicas foram interpoladas, posteriormente, para os restantes pontos de Portugal Continental numa grelha de 1 km x 1 km.

$$\log R = 1,93 \log \sum_{i=1}^{12} \frac{p_i^2}{P} - 1,52$$

Onde,

p_i = precipitação mensal no mês i

P = precipitação anual



Erosividade da Precipitação – Pena, 2016; Pena et al., 2010

2. Fatores: cartografia e processos de cálculo



JOINT RESEARCH CENTRE
EUROPEAN SOIL DATA CENTRE (ESDAC)

EUROPEAN COMMISSION > JRC > ESDAC > DATASETS > SOIL THREATS DATA





Home Links Newsletter Events

RESOURCES TYPE

[DATASETS](#)

[MAPS & DOCUMENTS](#)

[APPLICATIONS & SERVICES](#)

RESOURCE BY

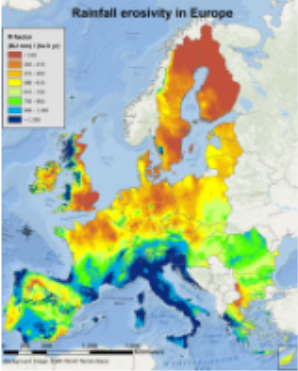
[THEMES](#)

[NETWORKS & COOPERATIONS](#)

[PROJECTS](#)

Rainfall Erosivity in the EU and Switzerland (R-factor)

Dataset (GIS map) (2015) and associated products for the "Rainfall erosivity" (R-factor), one of the input layers when calculating the Universal Soil Loss Equation (USLE) model, which is the most frequently used model for soil erosion risk estimation; for EU28+Switzerland; R-factor map at resolutions of 500m.



Resource Type: [Datasets](#)
[Soil Threats Data](#)

Publisher:
European Commission, Joint Research Centre

Registration is requested: Yes

Year: 2015

Download

-  [R-factor map of Europe and Switzerland](#)
-  [Erosivity Density map of Europe](#)
-  [R-factor in Switzerland \(2012 version\)](#)
-  [12 Monthly R-factor maps of Greece](#)
-  [Seasonal Erosivity Density in Greece](#)
-  [Future erosivity \(projections in 2050 based on climate change\)](#)

Formação REN - Áreas de Elevado Risco de Erosão Hídrica do Solo – 18/19/20 de Dezembro de 2019



Instituto de Geografia
e Ordenamento do Território
UNIVERSIDADE DE LISBOA



INSTITUTO
SUPERIOR DE
AGRONOMIA
Universidade de Lisboa



2. Fatores: cartografia e processos de cálculo

**Em curso na DGT, mapa de R com dados de clima mais recentes,
será disponibilizado
(Com o apoio do prof. Miguel de Azevedo Coutinho, IPMA, APA)**

Formação REN - Áreas de Elevado Risco de Erosão Hídrica do Solo – 18/19/20 de Dezembro de 2019



Instituto de Geografia
e Ordenamento do Território
UNIVERSIDADE DE LISBOA



INSTITUTO
SUPERIOR D
AGRONOMIA
Universidade de Lisboa



2. Fatores: cartografia e processos de cálculo

CARTOGRAFIA BASE - SOLO

Formação REN - Áreas de Elevado Risco de Erosão Hídrica do Solo – 18/19/20 de Dezembro de 2019



Instituto de Geografia
e Ordenamento do Território
UNIVERSIDADE DE LISBOA



INSTITUTO
SUPERIOR D
AGRONOMIA
Universidade de Lisboa



2. Fatores: cartografia e processos de cálculo

Cartografia Base - Carta de Solos de Portugal

Classificação SROA – Cardoso (desde anos 60): 1:50.000

Classificação FAO

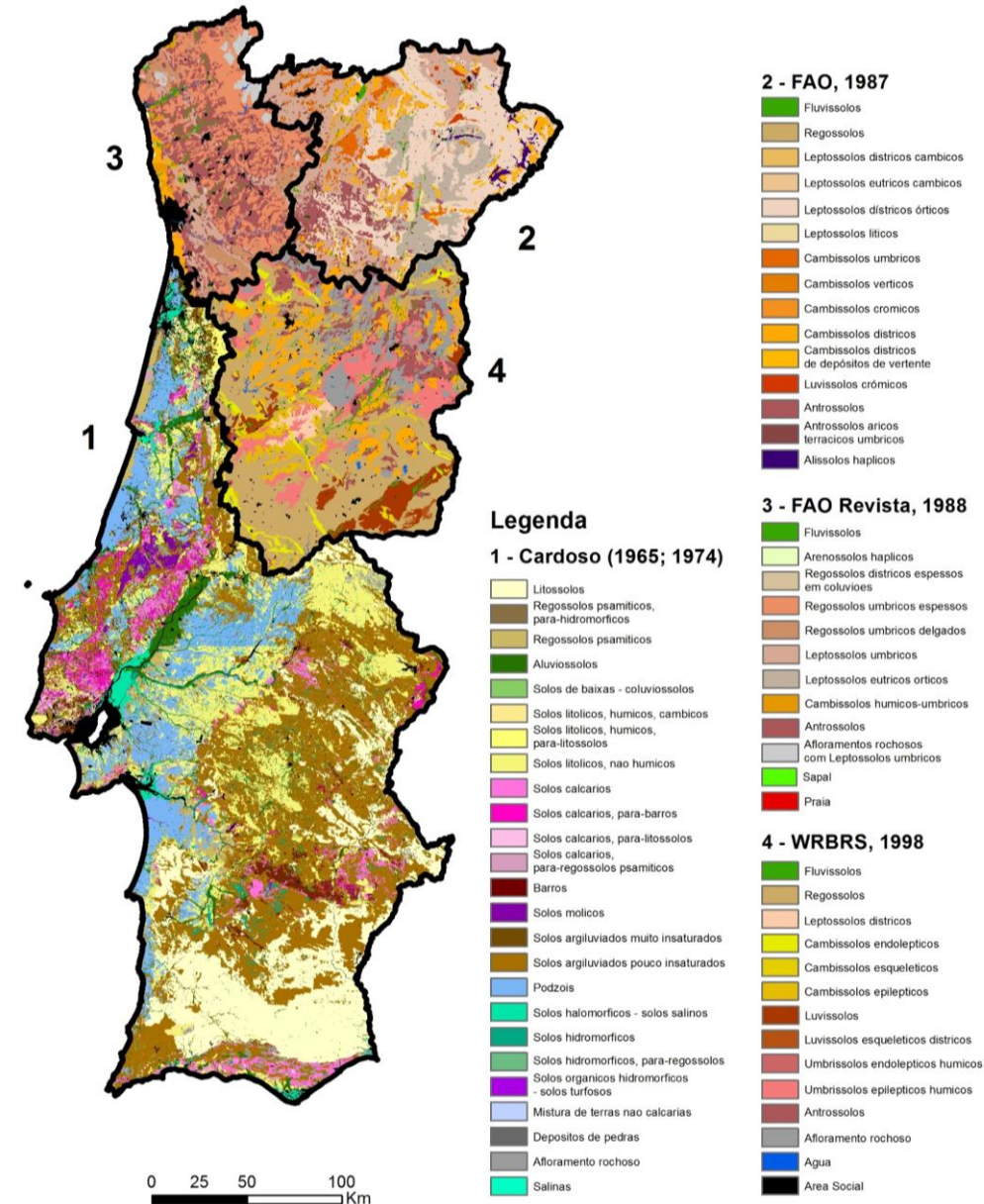
- 1987 Trás os Montes e Alto Douro 1:100.000
- 1988 Minho 1:100.000

Classificação WRB

- 1998 Zona Interior Centro 1:100.000

**Formação REN - Áreas de Elevado Risco de Erosão
Hídrica do Solo – 18/19/20 de Dezembro de 2019**

Carta de Solos de Portugal Continental
(Adaptado de Cortez et al, 2013)



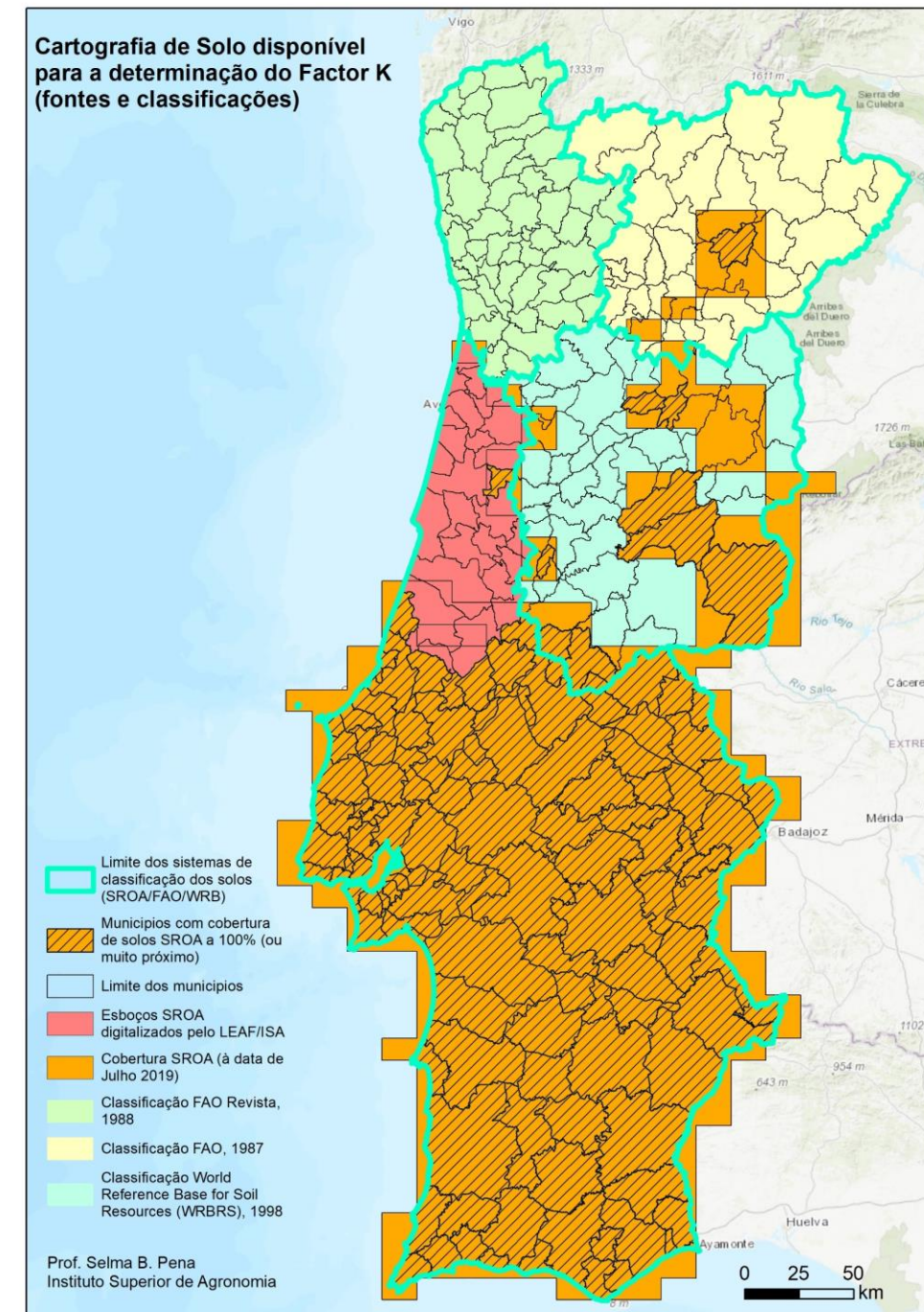
2. Fatores: cartografia e processos de cálculo

Cartografia Base - Carta de Solos de Portugal

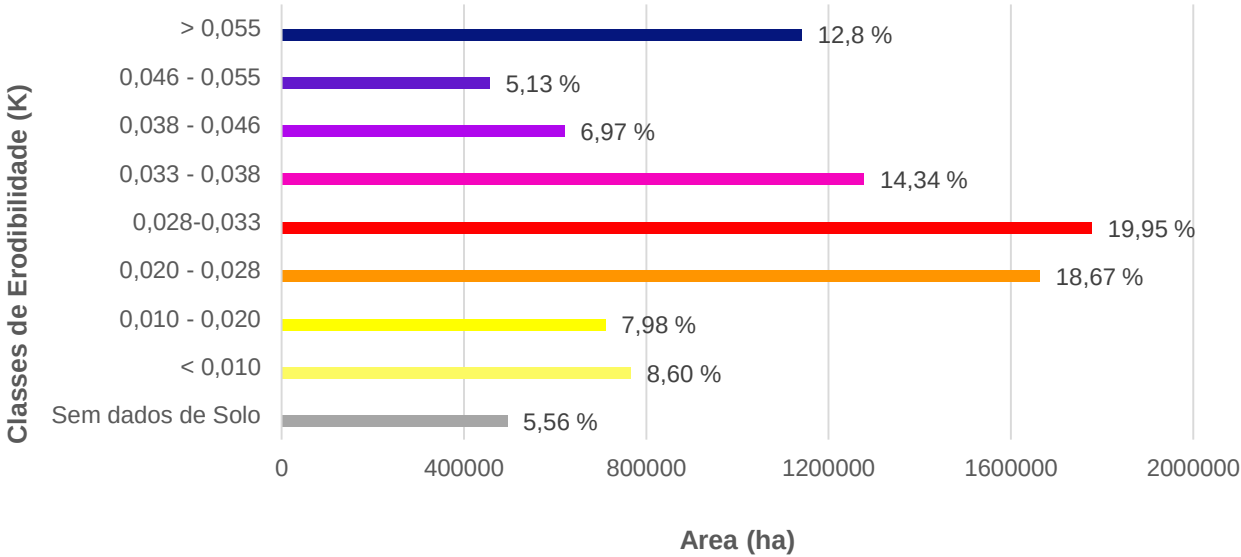
DGADR – Está em curso a vectorização da cartografia 1:50.000 (SROA)

Avaliação por município, da informação existente.
Considera-se a informação base que cobre totalmente o município, para não originar limites abruptos

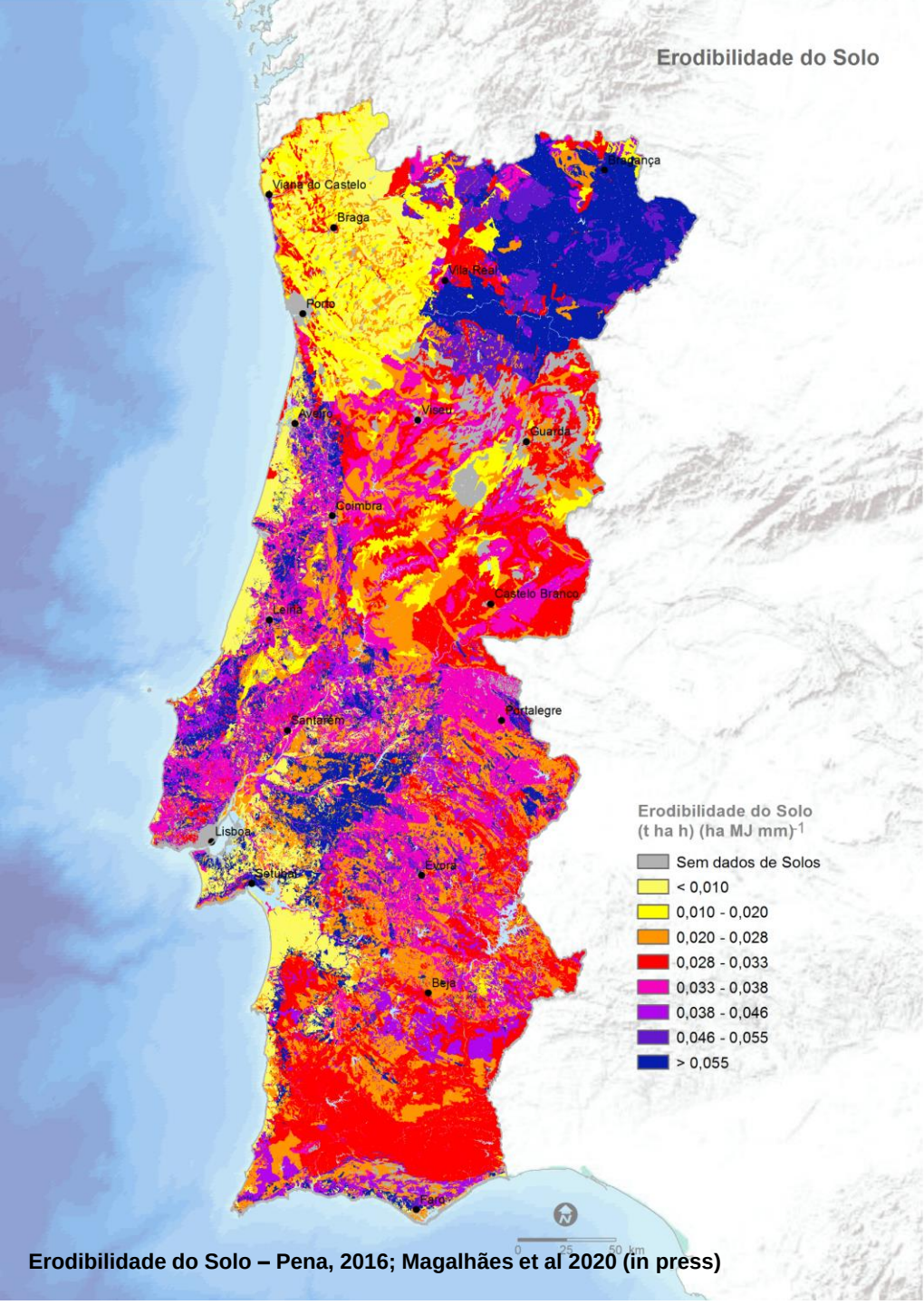
**Formação REN - Áreas de Elevado Risco de Erosão
Hídrica do Solo – 18/19/20 de Dezembro de 2019**



2. Fatores: cartografia e processos de cálculo



Formação REN - Áreas de Elevado Risco de Erosão Hídrica do Solo – 18/19/20 de Dezembro de 2019



2. Fatores: cartografia e processos de cálculo

**Em curso na DGT, mapa de K para as unidades pedológicas em complexo,
*Será disponibilizado***

Formação REN - Áreas de Elevado Risco de Erosão Hídrica do Solo – 18/19/20 de Dezembro de 2019



Instituto de Geografia
e Ordenamento do Território
UNIVERSIDADE DE LISBOA



INSTITUTO
SUPERIOR D
AGRONOMIA
Universidade de Lisboa



2. Fatores: cartografia e processos de cálculo

**Observação de dados de K e R,
Cálculo de Erosão Potencial**

Formação REN - Áreas de Elevado Risco de Erosão Hídrica do Solo – 18/19/20 de Dezembro de 2019



Instituto de Geografia
e Ordenamento do Território
UNIVERSIDADE DE LISBOA



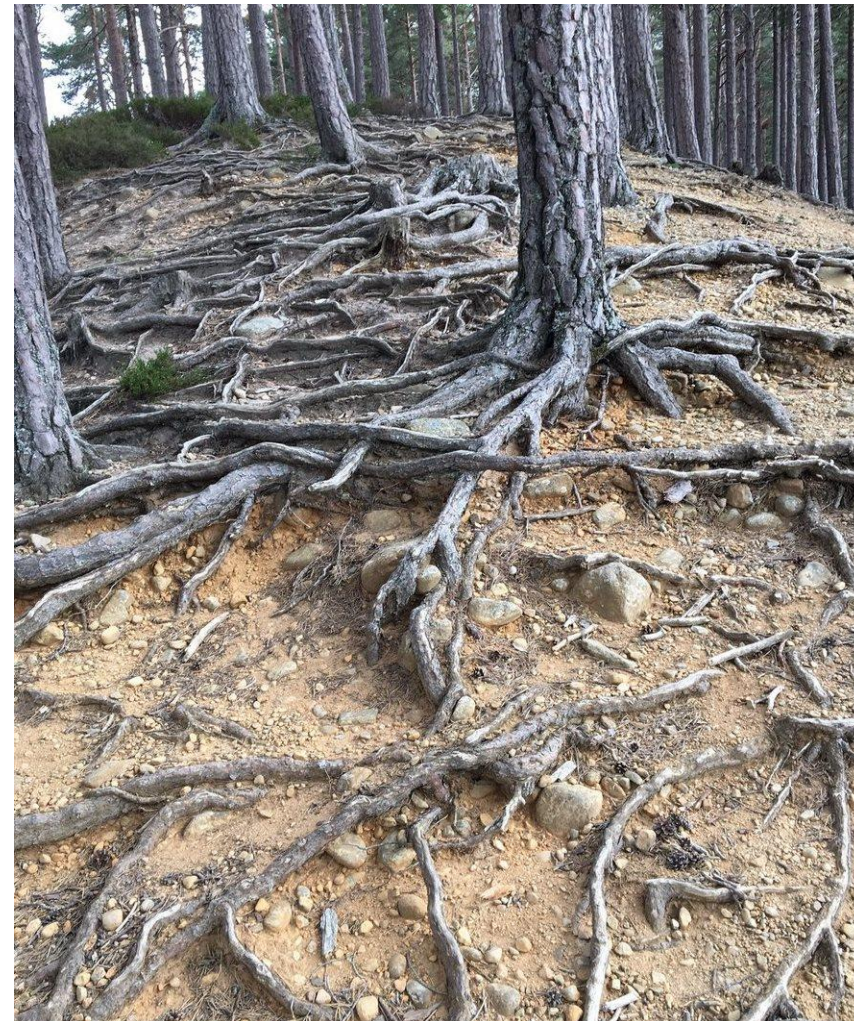
INSTITUTO
SUPERIOR D
AGRONOMIA
Universidade de Lisboa



3. Validação e verificação dos resultados

Indicadores visuais de erosão do solo:

EXPOSIÇÃO DAS RAÍZES



Formação REN - Áreas de Elevado Risco de Erosão Hídrica do Solo – 18/19/20 de Dezembro de 2019



Instituto de Geografia
e Ordenamento do Território
UNIVERSIDADE DE LISBOA



INSTITUTO
SUPERIOR D
AGRONOMIA
Universidade de Lisboa



3. Validação e verificação dos resultados

Indicadores visuais de erosão do solo:

PEDESTAIS DE SOLO



Formação REN - Áreas de Elevado Risco de Erosão Hídrica do Solo – 18/19/20 de Dezembro de 2019



Instituto de Geografia
e Ordenamento do Território
UNIVERSIDADE DE LISBOA



INSTITUTO
SUPERIOR DE
AGRONOMIA
Universidade de Lisboa



3. Validação e verificação dos resultados

Indicadores visuais de erosão do solo:

ENTALHES (SULCOS)



Formação REN - Áreas de Elevado Risco de Erosão Hídrica do Solo – 18/19/20 de Dezembro de 2019



Instituto de Geografia
e Ordenamento do Território
UNIVERSIDADE DE LISBOA



INSTITUTO
SUPERIOR D
AGRONOMIA
Universidade de Lisboa



3. Validação e verificação dos resultados

Indicadores visuais de erosão do solo: **Outros**

- Deposição de solo nas quebras de declive, formando, por vezes, pequenos cones de sedimentos;
- Miniatura de terraços e de barreiras de sedimentos;
- Base de plantas descoloridas pelo solo contido em gotas de chuva;
- Pedregosidade;
- Carbonização diferencial de madeira (após incêndios);
- Sedimentos em cursos de água, lagos e albufeiras.

Formação REN - Áreas de Elevado Risco de Erosão Hídrica do Solo – 18/19/20 de Dezembro de 2019

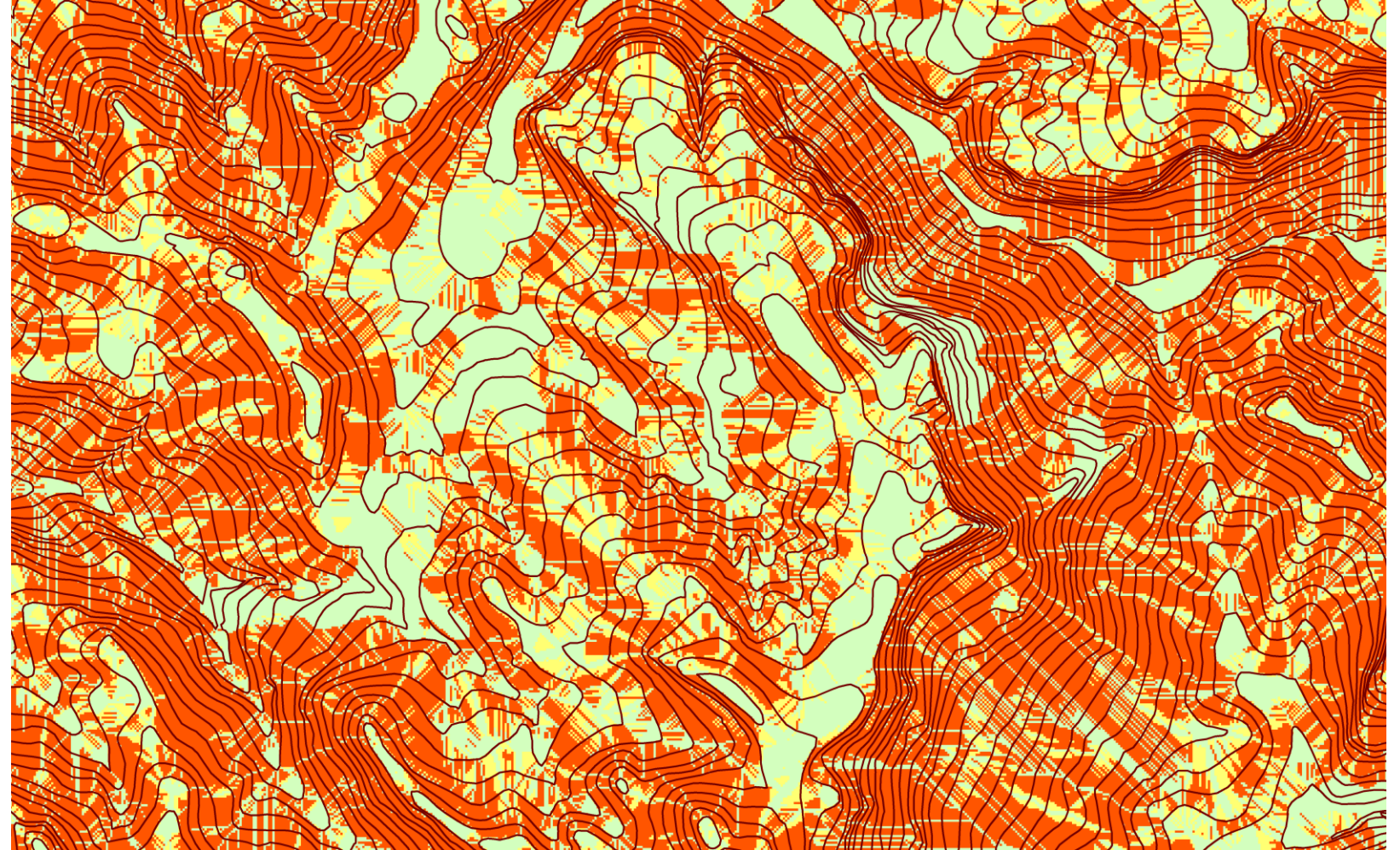
3. Validação e verificação dos resultados

Verificação dos resultados

DECLIVE

A (t / ha / ano)

	25 - 55
	> 55



Formação REN - Áreas de Elevado Risco de Erosão Hídrica do Solo – 18/19/20 de Dezembro de 2019



Instituto de Geografia
e Ordenamento do Território
UNIVERSIDADE DE LISBOA



INSTITUTO
SUPERIOR D
AGRONOMIA
Universidade de Lisboa



4. Limiares de corte

«Para avaliar a gravidade da erosão, devemos estabelecer um limiar entre níveis aceitáveis e não aceitáveis de erosão»

FAO, 2019

Soil erosion: the greatest challenge to sustainable soil management
<http://www.fao.org/3/ca4395en/ca4395en.pdf>

da REN: «Para efeitos de integração de áreas na REN, deve considerar -se o valor de 25 ton/ha.ano como referência de limite máximo de perda de solo admissível, podendo este valor ser ajustado para limiares superiores ou inferiores, em função da perda relativa do solo no contexto territorial (...).»

Portaria N.º 336/2019, DE 26 DE SETEMBRO

Revisão das Orientações Estratégicas Nacionais e Regionais do RJREN

Formação REN - Áreas de Elevado Risco de Erosão Hídrica do Solo – 18/19/20 de Dezembro de 2019



Instituto de Geografia
e Ordenamento do Território
UNIVERSIDADE DE LISBOA



INSTITUTO
SUPERIOR DE
AGRONOMIA
Universidade de Lisboa



4. Limiares de corte e generalização

Balanço entre a formação do solo e a perda de solo

Taxa de formação média de solo é de 0,1 mm/ano (**0,0025 mm/ano a 1 mm/ano**)

1,4 t ha⁻¹ ano⁻¹

Verheijan et al. 2009

Limiar necessário para manter a produção de biomassa

USDA estabeleceu valores entre **4,5 t ha⁻¹ ano⁻¹ e 11,2 t ha⁻¹ ano⁻¹**

Wischmeier & Smith, 1978

Limiar que leva à deterioração das funções do solo e dos serviços de ecossistema por ele prestado

Limiar que leva à intensificação de processos perigosos (cheias, erosão fluvial, sedimentação) nos setores a jusante

Formação REN - Áreas de Elevado Risco de Erosão Hídrica do Solo – 18/19/20 de Dezembro de 2019



Instituto de Geografia
e Ordenamento do Território
UNIVERSIDADE DE LISBOA

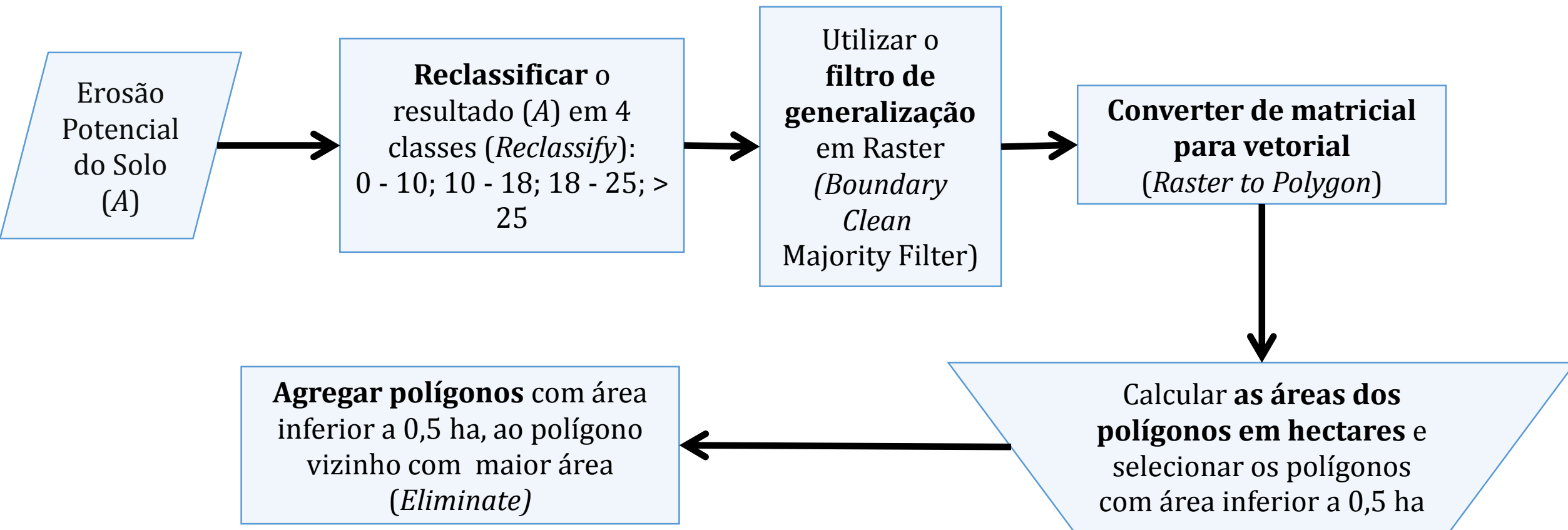


INSTITUTO
SUPERIOR DE
AGRONOMIA
Universidade de Lisboa



4. Limiares de corte e generalização

(sugestão de procedimento de generalização)



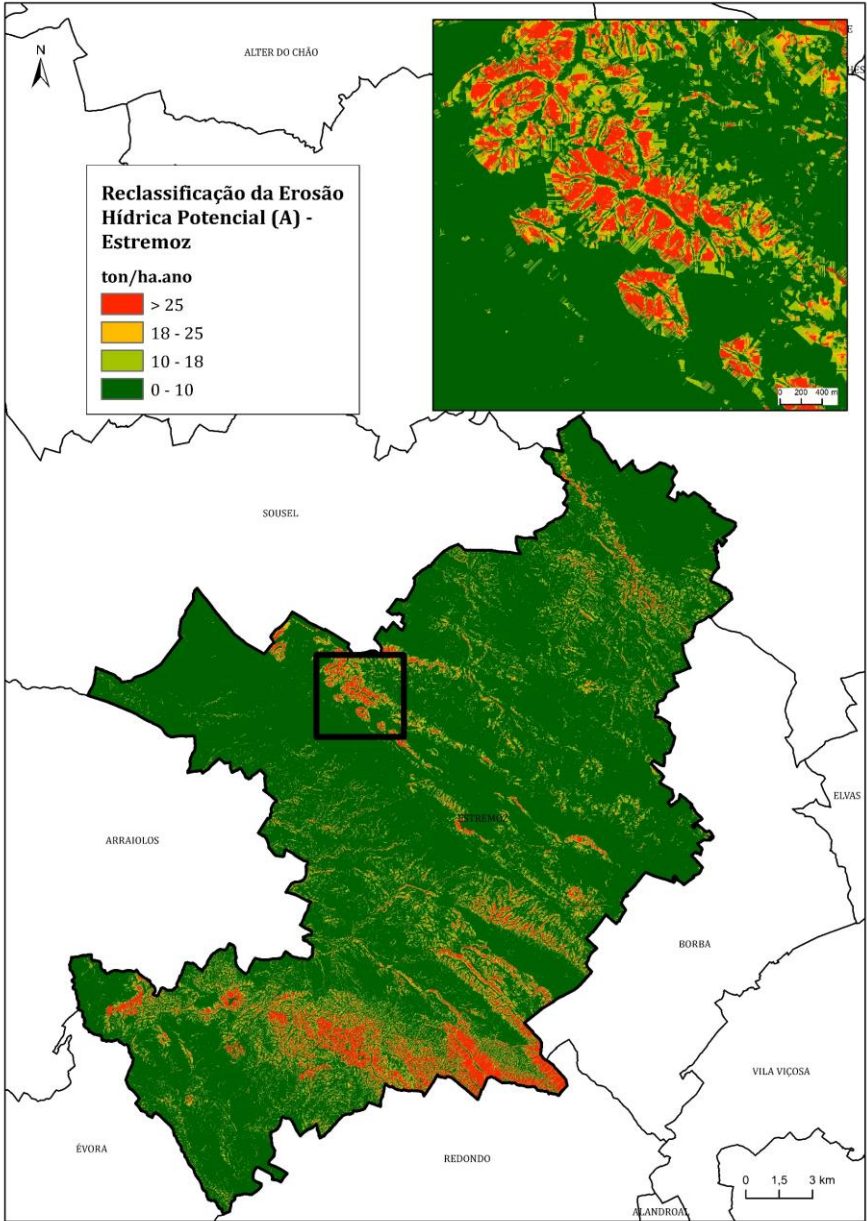
Formação REN - Áreas de Elevado Risco de Erosão Hídrica do Solo – 18/19/20 de Dezembro de 2019

4. Limiares de corte e generalização

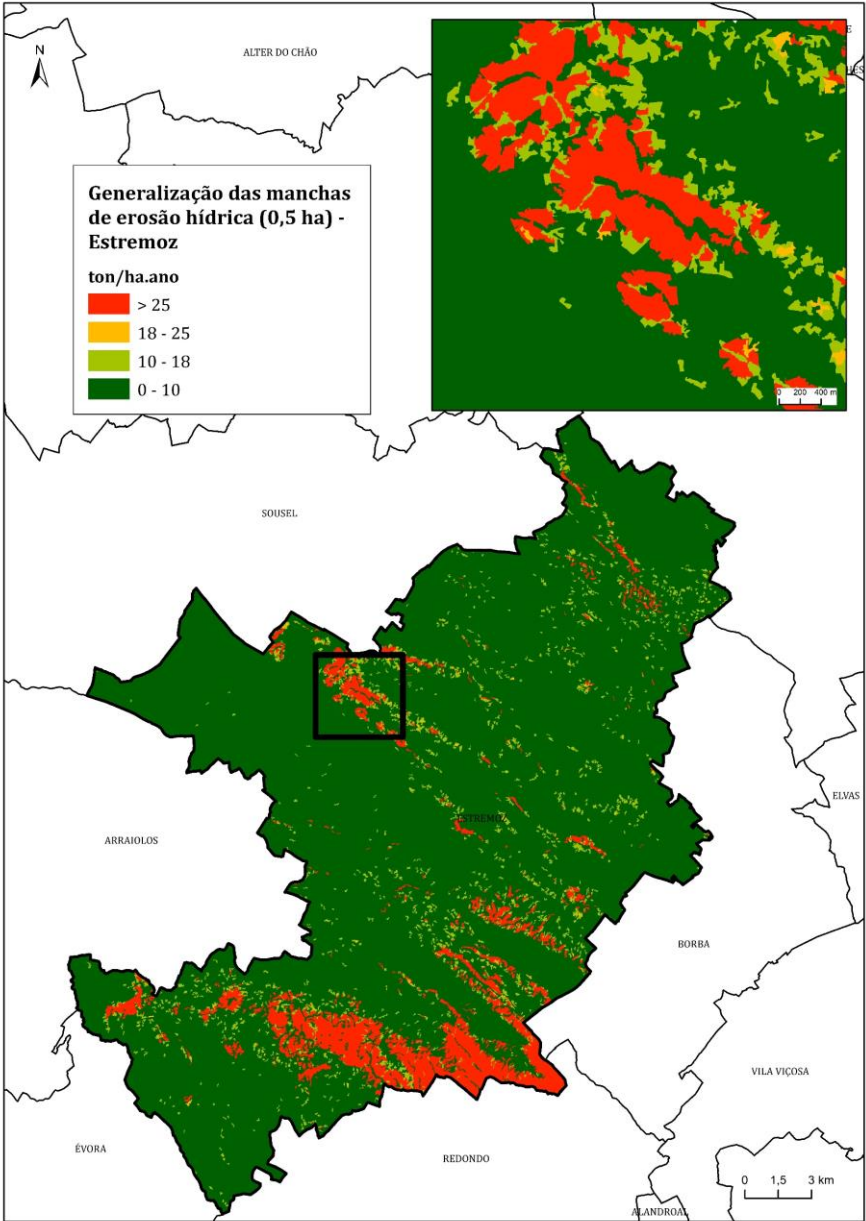
- 1. Análise Crítica dos resultados (generalização por excesso ou por defeito?)**
- 2. Comparação entre o resultado antes e depois da generalização (análise visual e cálculo de áreas, por exemplo)**
- 3. Ajustar o procedimento de generalização**

4. Limiares de corte e generalização

Antes do
processo de
generalização



Depois do
processo de
generalização



Bibliografia

- FAO, 2019. Soil erosion: the greatest challenge to sustainable soil management. <http://www.fao.org/3/ca4395en/ca4395en.pdf>
- Magalhães (coordenação) 2020 (*in press*). Cadernos de Ordenamento do Território. N.º 2 Atributos e Qualidades do Solo. ISAPress
- Pena, S. B., 2016. Reserva Ecológica Nacional - delimitação a nível nacional. Tese de Doutoramento em Arquitectura Paisagista <https://www.repository.utl.pt/handle/10400.5/13499>
- Pena S.B., Abreu, M.M., Magalhães. M.R.M, Cortez, C., 2010. Water erosion aspects of land degradation neutrality to landscape planning tools at national scale. Geoderma. Volume 363, 1 April 2020, 114093 <https://authors.elsevier.com/a/1aMQr3p6oJg1%7E>
- PTDC/AUR-URB/119340/2010 «Ordenamento Potencial Da Paisagem De Base Ecológica Aplicação A Portugal» (Projecto de Investigação coordenado por Magalhães M.R., ISA, Universidade de Lisboa)
- Verheijan, F.G.A., Jones, R.J, Rickson, R.J., Smith, C.J., 2009. Tolerable versus actual soil erosion rates in Europe. Earth-Science Reviews, 94 (1-4): 23-38
- Wischmeier, W.H & Smith, D.D. 1978. Predicting rainfall erosion losses – a guide to conservation planning. United States Department of Agriculture, Agriculture Handbook no. 537. 5899

Formação REN - Áreas de Elevado Risco de Erosão Hídrica do Solo – 18/19/20 de Dezembro de 2019