

Dados e indicadores para avaliar e mapear a saúde do solo

António Bispo, Stéfano Mocali, Fenny van Egmond, Jack Faber, Isabelle Cousin, Maria Fantappié and Claire Chenu

EJP SOIL WP2 e 6, SIREN, SERENA e MINOTAUR



EJP SOIL
European Joint Programme

EJP SOIL has received funding from the European Union's Horizon 2020 research and innovation programme: Grant agreement No 862695



Eu vou falar sobre:

- Atividades no âmbito do EJP SOIL**
- Definições: o que é a saúde do solo?**
- Dados recomendados para avaliar a saúde/degradação do solo**
- Dados disponíveis nos países da EU**
- Mapeamento das propriedades e da degradação do solo**
- Conclusões**



EJP SOIL ?

- ❑ Um **Programa Conjunto Europeu, Cofinanciado**, para a Gestão dos Solos Agrícolas que contribui para os principais desafios sociais, incluindo as alterações climáticas, a água e a segurança alimentar futura.
- ❑ O consórcio EJP SOIL é constituído por **26 parceiros de 24 países** assegurando uma grande representação de países europeus.
- ❑ O principal objetivo do EJP SOIL é desenvolver uma estrutura sustentável para uma **comunidade integrada** de investigadores e outros actores que trabalham em aspetos relacionados com a gestão do solo agrícola.



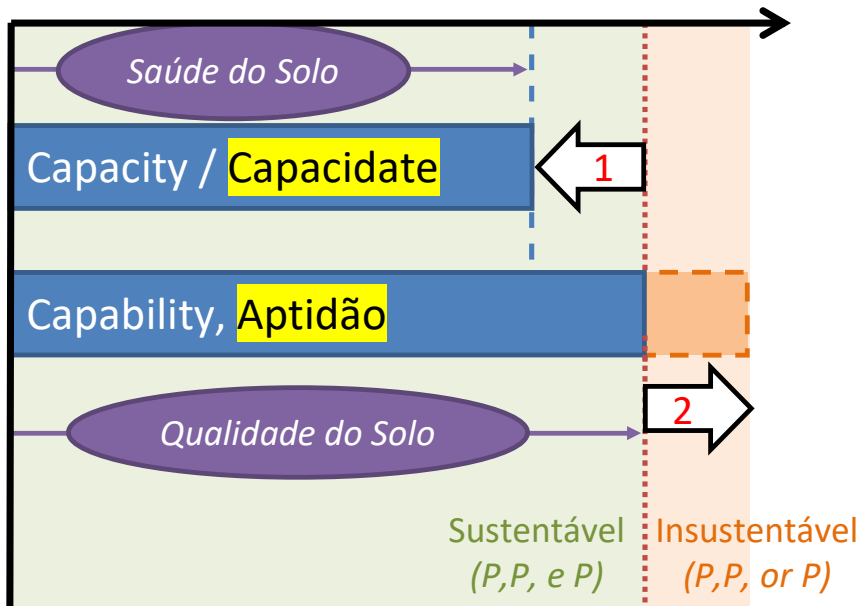
www.ejpsoil.eu

Exemplos de atividades e projetos do EJP SOIL ligados à avaliação da saúde do solo

- ❑ **WP6:** inventário dos dados/indicadores/redes de monitorização dos solos/mapas de solos existentes para a UE
- ❑ **SIREN:** definição de conceitos (incluindo saúde do solo), indicadores já implementados, seleção de indicadores (conjunto mínimo de dados para harmonização na UE)
- ❑ **SERENA:** identificar e testar, a nível nacional e da UE, um conjunto de indicadores para avaliar e mapear os serviços dos ecossistemas e as ameaças ao solo
- ❑ **MINOTAUR:** identificar indicadores biológicos para avaliar e mapear a biodiversidade do solo à escala da UE

Como vemos a saúde do solo em comparação com a qualidade do solo?

Nível de prestação de serviços dos ecossistemas



1. A atual degradação do solo, práticas de gestão, alterações climáticas, etc. limitam a prestação de SE

2. As propriedades de contexto (por exemplo, tipo de solo e uso da terra) definem o potencial.

O aumento da prestação de serviços dos ecossistemas é possível através da utilização de fertilizantes, pesticidas, lavoura intensiva e outras práticas de gestão, mas conduz a maiores compensações para outros serviços, para outras pessoas, noutros locais ou mais tarde.

Sustentabilidade do uso da terra em termos de pessoas, planeta, lucro (P,P,P)
 “Nenhum impacto negativo no fornecimento futuro de serviços ecossistémicos e nenhum aumento de compensações”

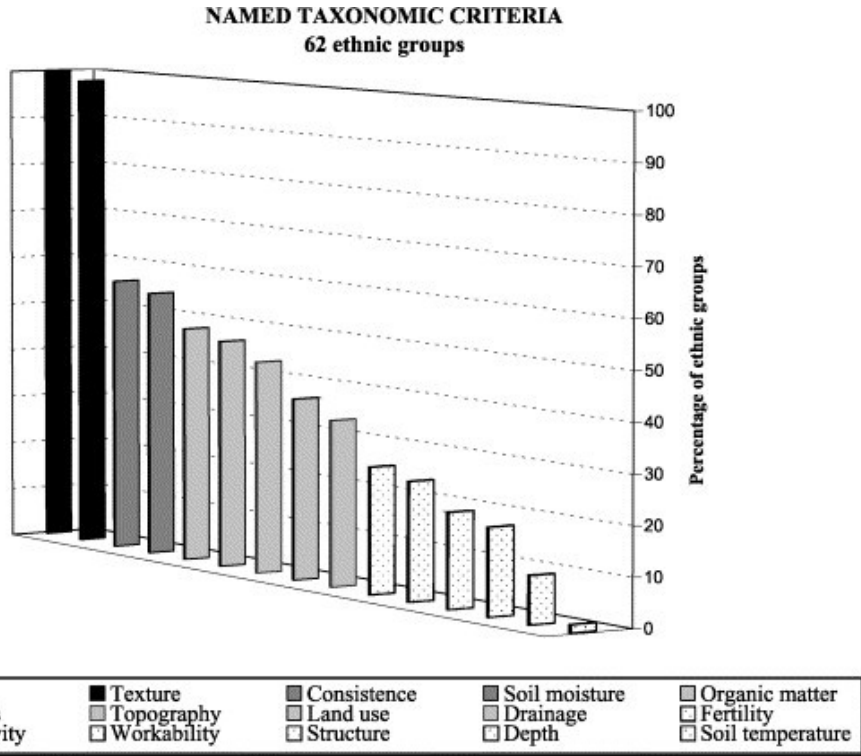
<https://ejpsoil.eu/soil-research/siren>

- Report
- Video presentation
- Policy brief

Como podemos medir a saúde do solo?

- ❑ **Tal como para os seres humanos, a saúde pode ser difícil de definir**
- ❑ **De um ponto de vista prático:**
 - ✓ **Medimos o estado do solo com indicadores**
 - ✓ **Comparamos esses indicadores com valores limite (procurando por qualquer degradação)**
 - ✓ **E se nenhuma degradação for monitorizada então supomos que o solo é saudável**
- ❑ **Identificar áreas saudáveis/não saudáveis significa identificar áreas com/sem degradação (uma vez que ainda é difícil avaliar os serviços dos ecossistemas fornecidos pelos solos)**

Indicadores do solo na literatura



Ethnopedology: a worldwide view on the soil knowledge of local people
N. Barrera-Bassols et J.A. Zinck, *Geoderma*, 2003

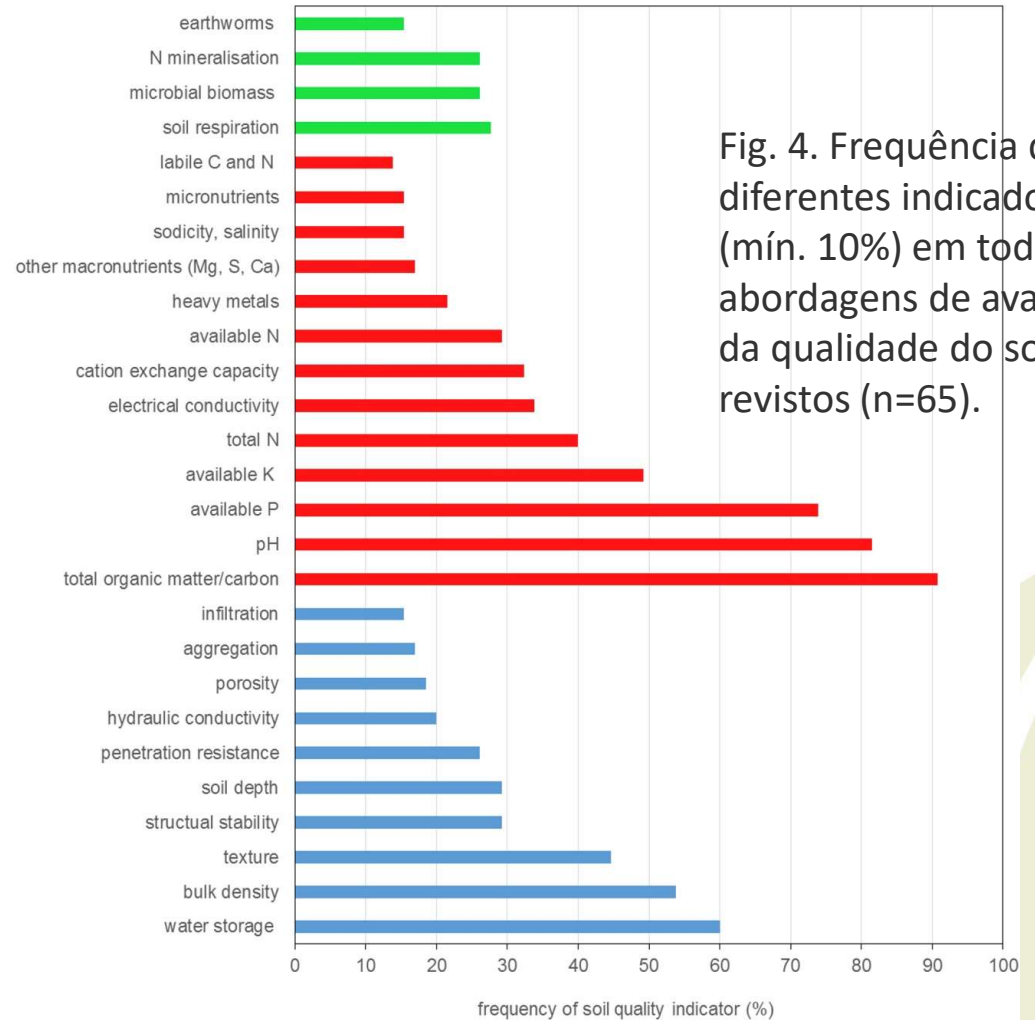
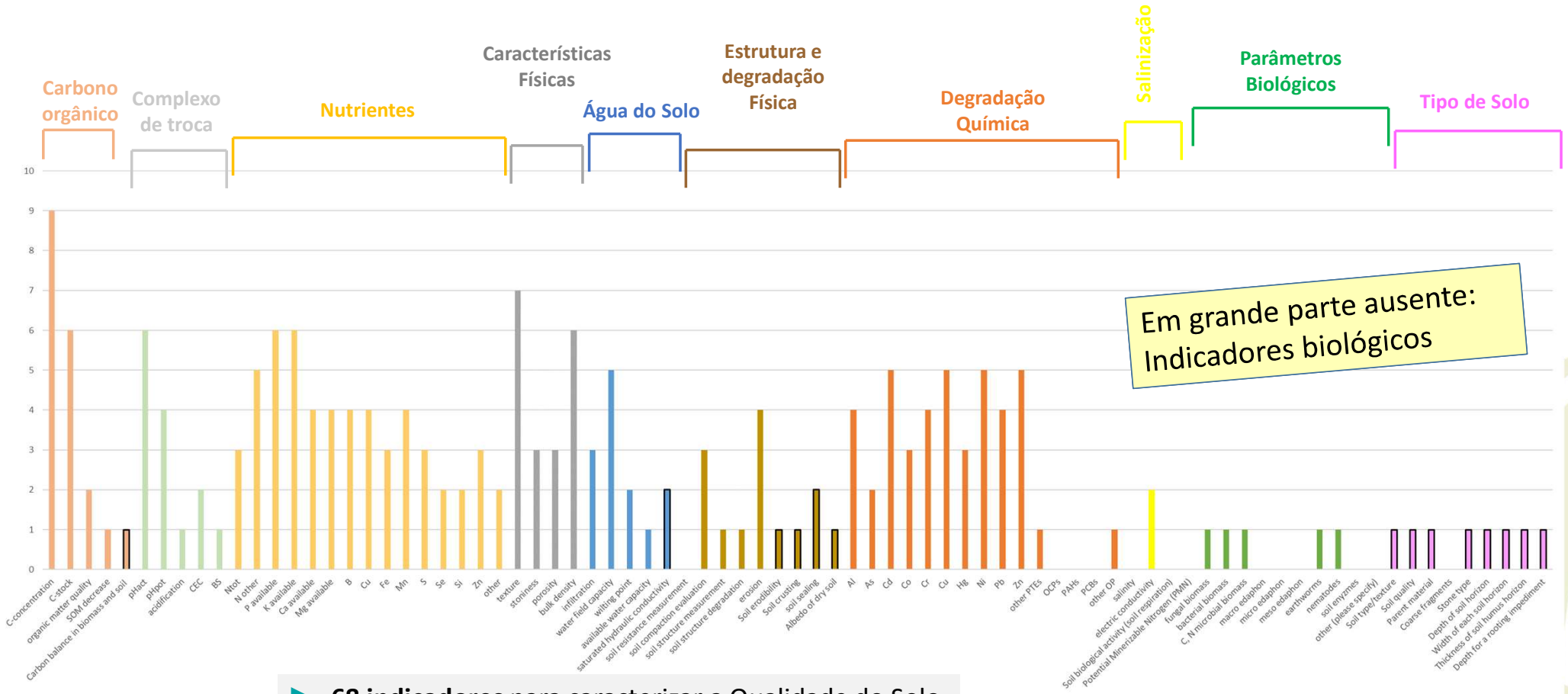


Fig. 4. Frequência de diferentes indicadores (mín. 10%) em todas as abordagens de avaliação da qualidade do solo revistos (n=65).

Bünemann, E. K., Bongiorno, G., Bai, Z., Creamer, R. E., De Deyn, G., De Goede, R., ... & Brussaard, L. (2018). *Soil quality—A critical review. Soil biology and biochemistry*, 120, 105-125.

Indicadores usados nos Estados Membros



Em grande parte ausente: Indicadores biológicos

- ▶ 68 indicadores para caracterizar a Qualidade do Solo
- ▶ Top 3 : [C], textura, [N] [P] [Bd]
- ▶ Indicadores Biológicos ainda raramente utilizados
- ▶ Poluentes orgânicos não utilizados

Indicadores recomendados na UE e política global

ST/SEEs	indicador	N de documentos	Exemplos de documentos
Perda de Carbono orgânico no solo (SOC)	Stock de SOC	9	SDG13, SDG 15, FAO-ITPS: SSM, EU Mission, Biodiv. Strat., Soil Strat., Forest Strat.
	Concentração de SOC	7	SDG13, SDG 15, FAO-ITPS: SSM, EU Mission, Biodiv. Strat., Soil Strat., Forest Strat.
Erosão do solo	Perda de solo pelo vento/ erosão pela água	6	UNCCD, SDG 15, FAO-ITPS: SSM, EU Mission, Biodiv. Strat., Forest Strat.
Perda de diversidade	Densidade de ocorrência de minhocas	6	SDG2, SDG15, FAO-ITPS: SSM, EU Mission, Biodiv. Strat., Soil Strat., Forest Strat.
	Índices de biodiversidade	6	SDG2, SDG15, FAO-ITPS: SSM, Forest Strat.
	Valores de biomassa microbiana	6	SDG2, SDG15, FAO-ITPS: SSM, EU Mission, Forest Strat.
Controlo da poluição ambiental	Concentração de poluentes	8	SDG15, FAO-ITPS: SSM, EU Mission, Farm2Fork, Biodiv. Strat., Soil Strat.,
GHG e regulação climática/ sequestro de C	Emissões de Gases com Efeito Estufa (GHG)	10	SDG13, SDG15, FAO-ITPS: SSM, EU Mission, Farm2Fork, EU Climate Law, Soil Strat., Forest Strat.
	Sequestro potencial de C	7	SDG15, FAO-ITPS: SSM, EU Mission, Farm2Fork, Biodiv. Strat., EU Climate Law, Forest Strat.
Habitat para a biodiversidade	Diversidade/riqueza	6	SDG15, FAO-ITPS: SSM, EU Mission, Soil Strat., Forest Strat.
Controlo da erosão	Taxas de erosão do solo	6	SDG13, SDG15, FAO-ITPS: SSM, EU Mission, Biodiv. Strat., Forest Strat.

Lista do “conjunto de dados mínimo” para a monitorização harmonizada da Qualidade do Solo (SQ) em toda a Europa

Critério:

- Relevante para a política da EU
- >50% EM
- >30% Literatura ciência
- Aplicados em projetos da UE

Dados da biodiversidade

- Estruturais
- Funcionais

> MINOTAUR

Indicador de política	Indicador da Qualidade do Solo
Condição Física do Solo	Textura, Porosidade, Densidade aparente
Fertilidade do Solo	Concentração de C N Total P K pH
Avaliação da Erosão	Baseada em cálculo
Salinidade	Condutividade elétrica
Contaminação	Metais pesados micro elementos
Outros contaminantes	<i>Recomendado para ser incluído num primeiro nível *</i>
Biodiversidade do Solo	
Regulação da água	

Com base na nossa estratégia de seleção, observamos omissões significativas em relação aos indicadores de biodiversidade do solo, contaminação orgânica e regulação/filtragem da água. Como os dados sobre as condições do solo nestas áreas são exigidos pelas políticas e pelas partes interessadas e os métodos (padronizados e também novos) estão cientificamente disponíveis, recomendamos incluir também indicadores relevantes neste conjunto de dados mínimo de primeiro nível. Com base no nosso inventário e análises, ainda é impossível selecionar qualquer um sem fazer escolhas subjetivas, o que queríamos evitar.

Policy brief
1 February 2024

EJP SOIL

Soil health and ecosystem services: monitoring and evaluation

Summary

Revised soil health indicators are proposed for the assessment of soil health in the context of the European Union's Green Deal. The indicators are designed to be simple, practical and easy to use, and they are based on the existing literature and the experience of the EJP SOIL project. The indicators are designed to be simple, practical and easy to use, and they are based on the existing literature and the experience of the EJP SOIL project.

Key messages and recommendations

- Indicators should be based on the assessment of soil health, including soil structure, soil chemistry, soil biology, soil physics, soil water, soil temperature, soil pH, soil salinity, soil erosion, soil compaction, soil pollution, and soil degradation.
- Indicators should be based on the assessment of soil health, including soil structure, soil chemistry, soil biology, soil physics, soil water, soil temperature, soil pH, soil salinity, soil erosion, soil compaction, soil pollution, and soil degradation.
- Indicators should be based on the assessment of soil health, including soil structure, soil chemistry, soil biology, soil physics, soil water, soil temperature, soil pH, soil salinity, soil erosion, soil compaction, soil pollution, and soil degradation.
- Indicators should be based on the assessment of soil health, including soil structure, soil chemistry, soil biology, soil physics, soil water, soil temperature, soil pH, soil salinity, soil erosion, soil compaction, soil pollution, and soil degradation.

Content

The policy brief is organized into four main sections: introduction, key messages and recommendations, content, and conclusion. The content section is divided into three sub-sections: soil health indicators, soil health assessment, and soil health monitoring and evaluation.

Page 1/18

Proposta de sistema de indicadores biológicos de dois níveis: Nível I

Nível de prioridade	Indicadores recomendados		Breve descrição	Metodologia	Custo estimado/amostra (amostragem não incluída)	Sensibilidade aos processos de degradação
<div style="border: 1px solid black; padding: 5px; display: inline-block; transform: rotate(-2deg);">Prioridade Alta</div> Nível I	Indicadores funcionais	Biomassa microbiana C	Quantidade de biomassa microbiana por grama de solo	ISO 14240-1:1997 ISO 14240-2:1997	20-30€	1. Declínio do Teor de Carbono Orgânico no Solo (SOC) 2. Desertificação 3. Erosão 4. Impermeabilização do Solo e urbanização 5. Poluição e salinização 6. Compactação
		Respiração microbiana	Produção de CO2 por quantidade de solo	ISO 16072:2002	20-30€	
		Atividade enzimática	Medição de diversas atividades de hidrólise no solo	ISO 20130:2018 ISO/TS 22939:2019	20-80€	
	Indicadores estruturais	Macrofauna (minhocas)	Diversidade funcional e estrutural	ISO 23611-1:2018	30-140€	
		Mesofauna	Diversidade funcional e estrutural	ISO 23611-2:2006 QBS-ar (Parisi et al., 2005)	75-140€	
		Nemátodos	Diversidade funcional e estrutural	ISO 23611-4:2006	30-40€	
		Microbiota (bactérias e fungos)	Diversidade estrutural do microbiota do solo	DNA metabarcoding (ISO 11063:2020) and Plassart et al., 2012	75-100€ (para cada alvo)	

Todos os indicadores do nível I devem ser padronizados, comprovados cientificamente e com boa relação custo-benefício

Proposta de sistema de indicadores biológicos de dois níveis: Nível I

Recomendados para a Lei de Monitorização do Solo (SML)

Nível I I

Nível de prioridade	Indicadores recomendados	Breve descrição	Metodologia	Custo estimado/amostra (amostragem não incluída)	Sensibilidade aos processos de degradação	
Nível I I	Indicadores funcionais	Biomassa microbiana C	Quantidade de biomassa microbiana por grama de solo	ISO 14240-1:1997 ISO 14240-2:1997	20-30€	1. Declínio do Teor de Carbono Orgânico no Solo (SOC) 2. Desertificação 3. Erosão 4. Impermeabilização do Solo e urbanização 5. Poluição e Salinização 6. Compactação
		Respiração microbiana	Produção de CO2 por quantidade de solo	ISO 16072:2002	20-30€	
		Atividade enzimática	Medição de diversas atividades de hidrólise no solo	ISO 20130:2018 ISO/TS 22939:2019	20-80€	
	Indicadores estruturais	Macrofauna (minhocas)	Diversidade funcional e estrutural	ISO 23611-1:2018	30-140€	
		Mesofauna	Diversidade funcional e estrutural	ISO 23611-2:2006 QBS-ar (Parisi et al., 2005)	75-140€	
		Nemátodos	Diversidade funcional e estrutural	ISO 23611-4:2006	30-40€	
		Microbiota (bactérias e fungos)	Diversidade estrutural do microbiota do solo	DNA metabarcoding (ISO 11063:2020) and Plassart et al., 2012	75-100€ (for each target)	

Proposta de sistema de indicadores biológicos de dois níveis: Nível II (em progresso)

Mais indicadores podem ser adicionados

Nível de prioridade	Indicadores recomendados	Breve descrição	Metodologia	Eficiência de custos	Sensibilidade aos processos de degradação
Nível II	Mineralização do N	Taxa de degradação microbiana de uma substância orgânica contendo azoto	ISO 14238:2012 Pode exigir datas de amostragem adequadas	Fácil e barato	<ol style="list-style-type: none"> 1. Declínio do Teor de Carbono Orgânico no Solo (SOC) 2. Desertificação 3. Erosão 4. Impermeabilização do Solo e urbanização 5. Poluição e Salinização 6. Compactação
	Microfauna (Protista)	Abundância e diversidade	Basedo no DNA metabarcoding (Santos et al., 2015)	Fácil e barato	
	Genes funcionais específicos	Abundância de genes específicos conhecidos (ex., amoA, nifK) no solo.	ISO 17601:2016 qPCR	Fácil e barato	
	Atividade da fauna do solo	Diversidade funcional	Litter bags (Bradford et al., 2002), Bait lamina (ISO 18311:2016) Pode exigir datas de amostragem adequadas	Fácil e barato	
	Perfil ecofisiológico da comunidade microbiana	Potencial metabólico microbiano	AWCD (BIOLOG)	Fácil e barato	

Recomendações para a SML (Lei de Monitorização dos Solos) sobre indicadores biológicos do solo

Aspecto da degradação do solo	Descritor do solo (texto atual no Anexo I)	Recomendações
Perda da biodiversidade do Solo	<p>Respiração basal do solo ($\text{mm}^3 \text{O}_2 \text{g}^{-1} \text{hr}^{-1}$) no solo seco</p> <p>Os Estados Membros podem também selecionar outros descritores do Solo opcionais para a biodiversidade tais como:</p> <ul style="list-style-type: none"> - metabarcoding de bactérias, fungos, protistas e animais; - Abundância e diversidade de nemátodos; - Biomassa microbiana; - Abundância e diversidade de minhocas (em solos agrícolas); - espécies exóticas invasoras e pragas de plantas. 	<p>Nível I grupo:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Respiração basal do solo; - Biomassa microbiana; - Metabarcoding de microorganismos (bactérias, fungos); - Abundância, diversidade e índices ecológicos de minhocas (em solos agrícolas); <p>Nível II grupo:</p> <p>Os Estados Membros podem também selecionar outros descritores do Solo opcionais para a biodiversidade tais como:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Abundância, diversidade e índices ecológicos de nemátodos; - Abundância, diversidade e índices ecológicos de mesofauna; - Atividade enzimática; - Genes funcionais específicos (qPCR); - Atividade da fauna do solo; - Mineralização do N; - Perfis ecofisiológicos (AWCD); - espécies exóticas invasoras e pragas de plantas



Dados disponíveis à escala da UE

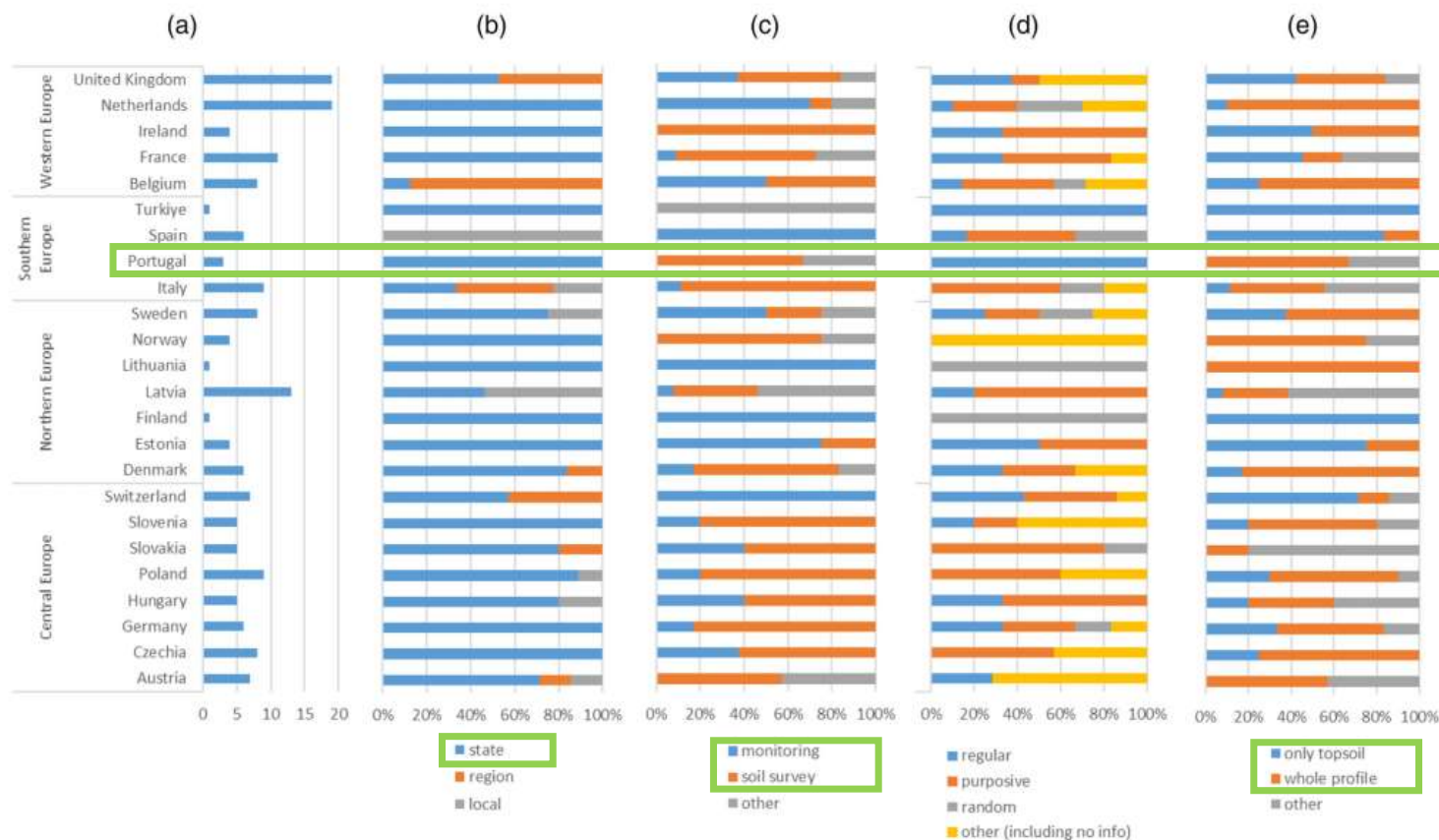


FIGURE 2 Characteristics of the soil databases identified in each participating European country. (a) Number of soil databases identified; (b) scale covered by the identified soil databases; (c) type of survey; (d) type of sampling scheme; (e) sampling depth. Note that not all existing databases were reported by the different countries. Germany for example only reported national databases on agricultural soils.

- Dados recolhidos principalmente a nível nacional**
- Dados de programas nacionais de reconhecimento dos solos/mapeamento e monitorização**
- A frequência da colheita depende do EM**
- Dados sobre solo superficial e subsolo**

Cornu, S., Keesstra, S., Bispo, A., Fantappie, M., van Egmond, F., Smreczak, B., ... & Chenu, C. (2023). National soil data in EU countries, where do we stand?. *European Journal of Soil Science*, 74(4), e13398

Propriedades do Solo disponíveis

- ❑ **Propriedades perenes normalmente disponíveis (ex., profundidade do solo, textura, CaCO₃...)**
- ❑ **Propriedades disponíveis ligadas à fertilidade química do solo (ex., macro/micronutrientes, SOC)**
- ❑ **Parâmetros físicos (ex., infiltração, capacidade de retenção de água) e biológicos menos disponíveis**

Cornu, S., Keesstra, S., Bispo, A., Fantappie, M., van Egmond, F., Smreczak, B., ... & Chenu, C. (2023). National soil data in EU countries, where do we stand?. *European Journal of Soil Science*, 74(4), e13398

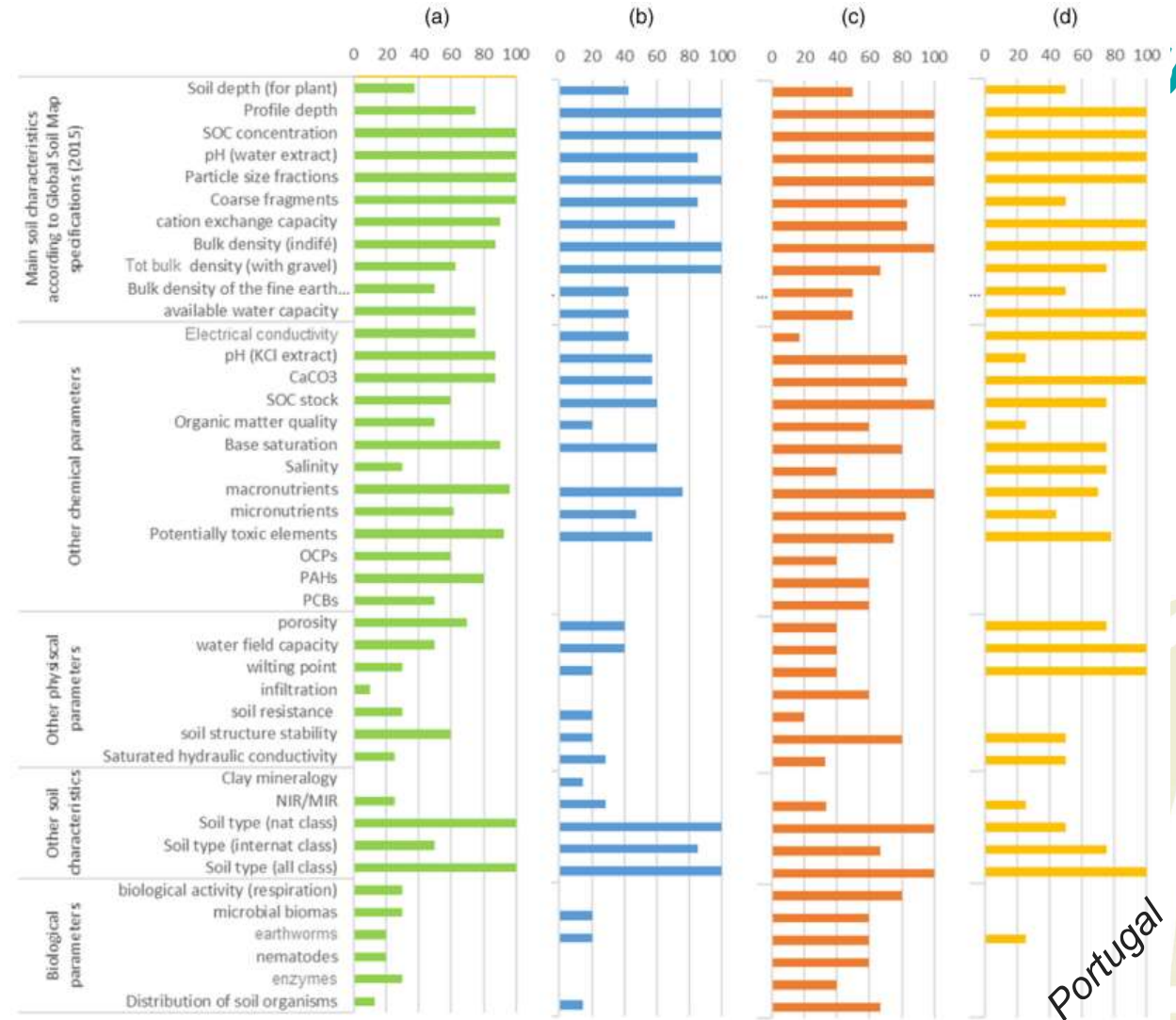


FIGURE 6 Percentage of countries participating to EJP SOIL in the different geographical zones ((a) Central Europe; (b) Northern Europe; (c) Western Europe; and (d) Southern Europe including Türkiye) that includes the different soil parameters in the soil databases they reported in this study. Note that some countries reported only national homogenized soil databases, while other reported local soil databases as long-term experiments.

Portugal

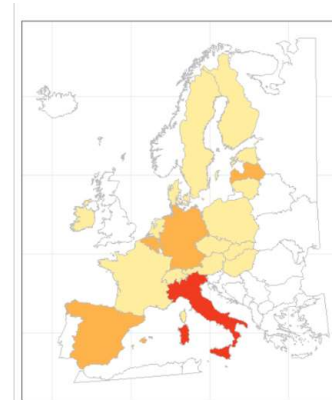
Zoom nos Sistemas de Monitorização do Solo (SMS)

• Questionário do EJP SOIL

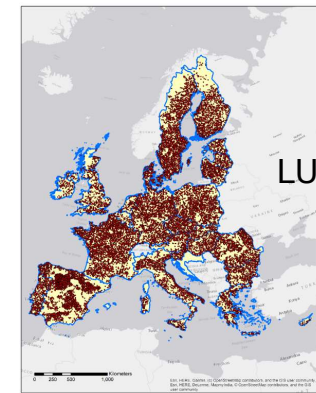
- 20 países responderam de 24
- Turquia e Portugal não têm SMS
- Poucos países têm vários sistemas de monitorização (e.g. geridos à escala regional, agricultura vs floresta, monitorização de oligoelementos vs parâmetros agrícolas)
- Os primeiros programas de monitorização começaram na década de 80, terminando com diferentes campanhas de amostragem (muita informação disponível)
- E o reconhecimento LUCAS da camada superficial do Solo

• Mas é difícil comparar e usar os dados em conjunto...

- Estratégias de amostragem diferentes,
- Métodos analíticos diferentes



Monitoring in MS



LUCAS Top Soil

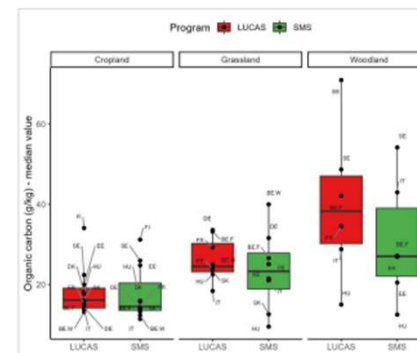
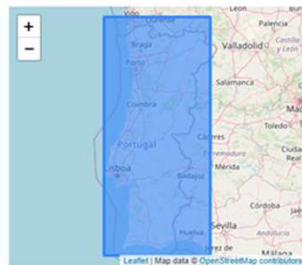
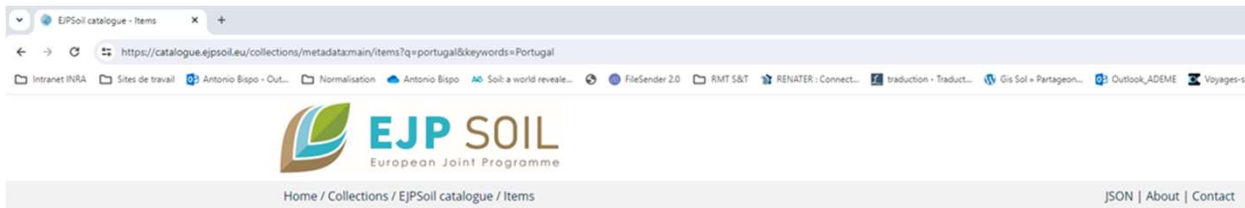


Figure 1. Comparison of measured soil Organic Carbon content between the LUCAS and national Soil Monitoring System (SMS) campaigns depending on land cover for ten countries (BE: Belgium with BE.F; Flanders and BE.W; Wallonia; DE: Germany; DK: Denmark; EE: Estonia; FI: Finland; FR: France; HU: Hungary; IT: Italy; SE: Sweden; and SK: Slovakia)



https://ejpsoil.eu/fileadmin/projects/ejpsoil/WP8/Policy_briefs/20231113_Policy_Brief_Soil_Monitoring_Systems.pdf

Dados disponíveis à escala da UE – por ex. para Portugal



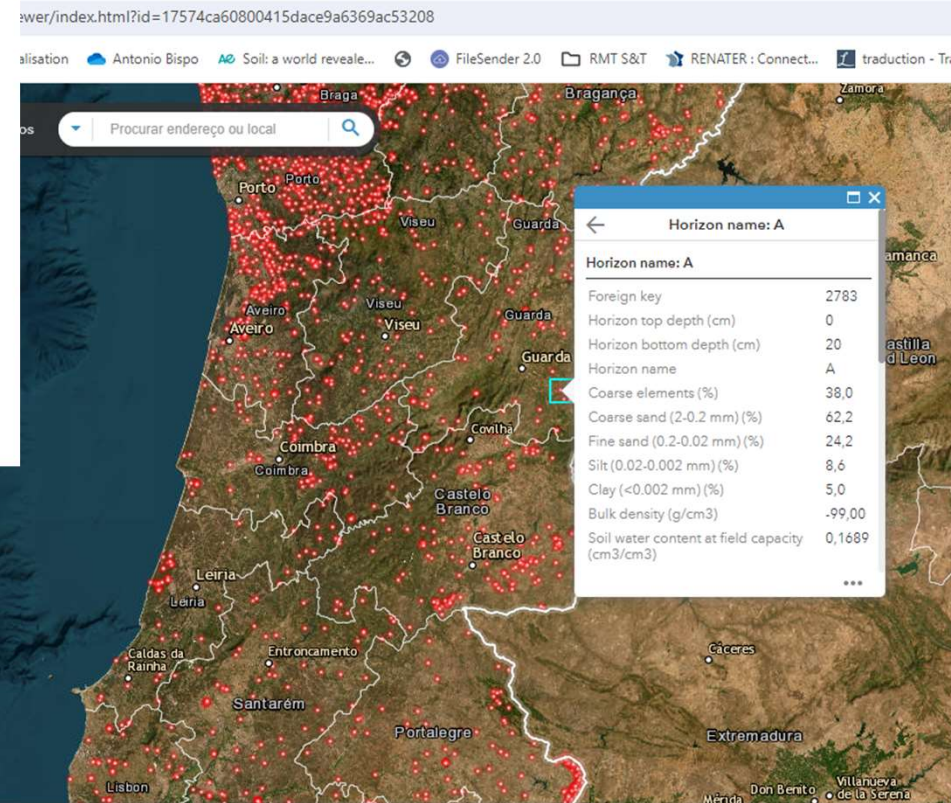
- Country
- > Portugal
- EJP Soil
- > AGROECoseqC
- > CLIMASOMA
- > CarboSeq
- > EJP Soil
- > EnergyLink
- > INSURE

Title	Type	Date
INFOSOLO - Soil Profile Data for Portugal The INFOSOLO legacy database is the first effort to develop a soil information system in Portugal, suitable to compile soil data produced in the country, and to support stakeholders and land managers in decision-making. The current version includes.....	dataset	2024/03/11
ICP Forests level 1 plots in Portugal 1) Soil profile sampling. And, also, 2) Sampling at fixed depths, 3 pits until 80 cm and 2 small pits until 20 cm depth located in the 4 cardinal points of each plot. Composite soil sample of 12-14 subsamples per depth; for Bulk density, only, 5.....	dataset	2024/03/06
SIR - Irrigation Information System	dataset	2024/03/11
COS 2018, 2018 Land Use and Soil Occupation Map for Portugal (Carta de Uso e Ocupação do Solo para 2018) COS was made in 1995 and has been updated several times. COS is a mapping of polygons, representing units of occupation/use of the homogeneous soil. Land occupation/use unit means any area of terrain greater than or equal to the defined minimum.....	dataset	2024/03/11
PROPSOLO soil hydraulic properties of portuguese soils soil profile sampling...	dataset	2024/03/11

Table 1. Institutions responsible for the data included in INFOSOLO.

Institutions	Number of soil profiles	Frequency (%)
Direcção Geral de Agricultura e do Desenvolvimento Rural	733	21.2
Direcção Regional de Agricultura e Pescas do Norte	1233	35.6
Instituto da Conservação da Natureza e das Florestas	103	3.0
Instituto Nacional de Investigação Agrária e Veterinária	622	18.0
Instituto Superior de Agronomia	79	2.3
Joint Research Centre	465	13.4
Sociedade Portuguesa da Ciência do Solo	4	0.1
Universidade de Évora	30	0.9
Universidade de Trás-os-Montes e Alto Douro	192	5.5

Ramos, T. B., Horta, A., Gonçalves, M. C., Pires, F. P., Duffy, D., & Martins, J. C. (2017). The INFOSOLO database as a first step towards the development of a soil information system in Portugal. *Catena*, 158, 390-412.

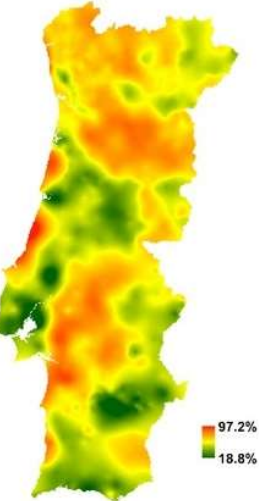


<https://portalgeo.iniav.pt/portal/apps/webappviewer/index.html?id=17574ca60800415dace9a6369ac53208>

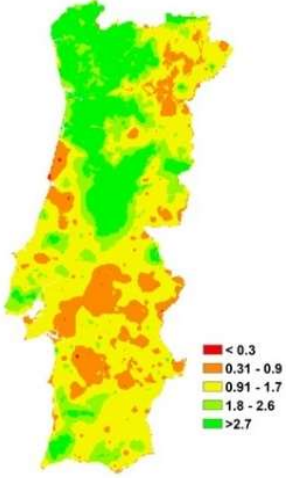
Mapeamento das propriedades e degradações do solo

Propriedades do Solo

% Sand

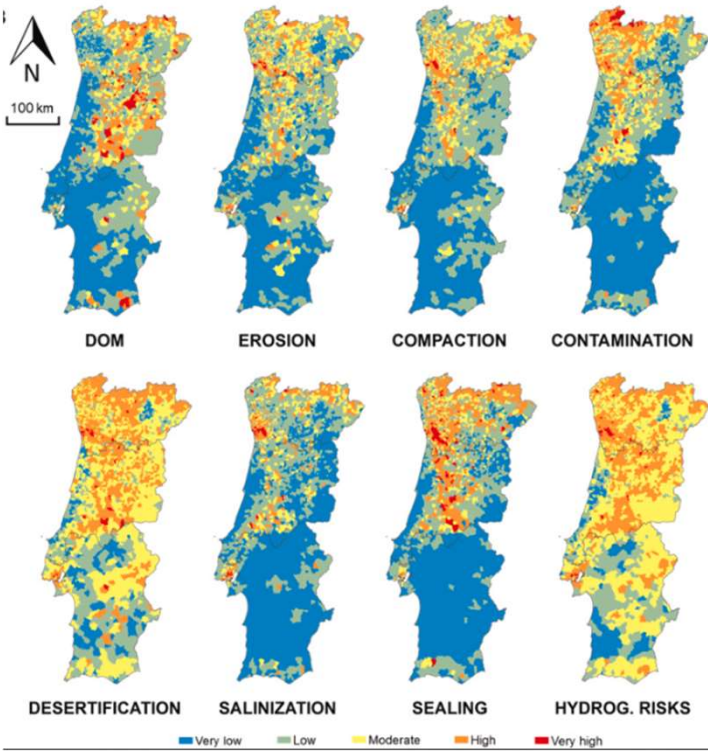


% OC

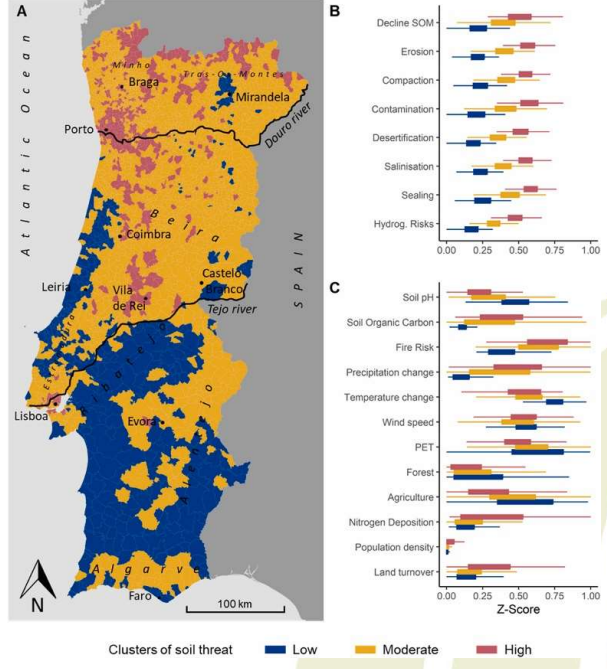


<https://portalgeo.iniav.pt/portal/apps/webappviewer/index.html?id=17574ca60800415dace9a6369ac53208>

Degradação do Solo



Degradações do Solo acumuladas



Conclusões

- ❑ **Os dados sobre as propriedades básicas do solo estão disponíveis a nível nacional e da UE** (note que combinar dados nacionais e do UE-LUCAS não é fácil)
- ❑ **A avaliação e o mapeamento das ameaças ao solo são viáveis**
- ❑ **Trabalhar na avaliação da saúde do solo** (ou seja, medir os serviços dos ecossistemas fornecidos pelos solos) **é mais complexo**
 - ❑ Requer a medição de **novos dados** (e.g. parâmetros biológicos, indicadores funcionais como a infiltração da água no solo)
 - ❑ Foi feita uma **proposta para um “conjunto de dados mínimo”** (incluído na SML)
 - ❑ A **implementação de sistemas de monitorização** do solo é fundamental para tornar possível detetar mudanças e identificar tendências