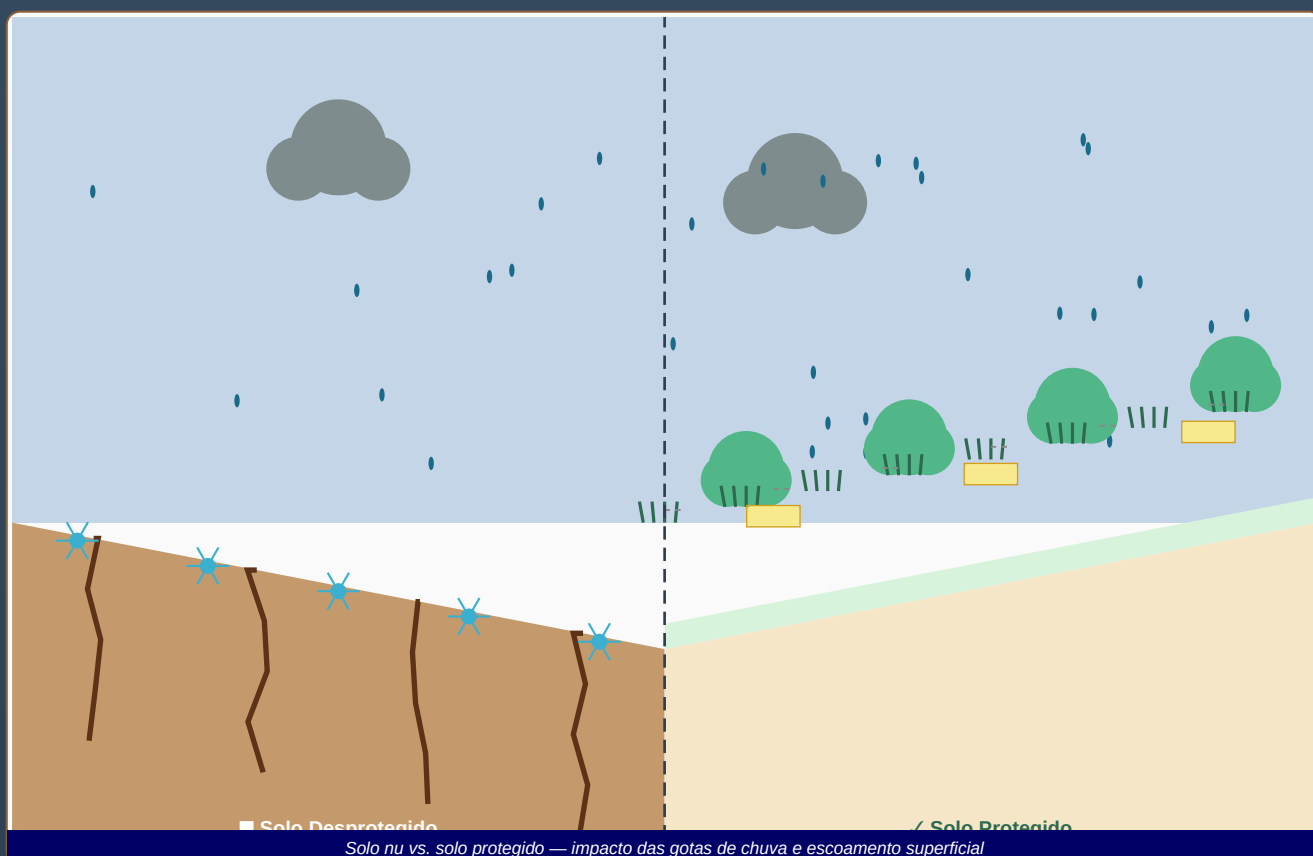


Controlo de Erosão Superficial

Manual Técnico · Proteção do Solo e Revegetação

Diagnóstico, modelação e técnicas de controlo da erosão hídrica superficial em Portugal: RUSLE, hidrossementeira, geotêxteis e bioengenharia.

02



Coleção Técnica EcoSalix · Volume 02 de 15

Manuais Técnicos de Engenharia Natural para Profissionais em Portugal

ECOSALIX

Sistemas Ecológicos de Engenharia Natural, Lda

Controlo de Erosão Superficial

Manual Técnico · Proteção do Solo e Revegetação

Publicação: EcoSalix — Sistemas Ecológicos de Engenharia Natural, Lda

Morada: Rua D, Lote 8 · Zona Industrial Casal dos Frades · 2435-661 Ourém

Contacto: geral@ecosalix.pt · +351 964 169 349

Website: www.ecosalix.pt

Ano: 2025

Versão: 1.0 — Volume 02/15 da Coleção Técnica EcoSalix

Público-alvo: Engenheiros, Arquitetos Paisagistas, Técnicos Ambientais, Biólogos, Gestores de Espaços Naturais

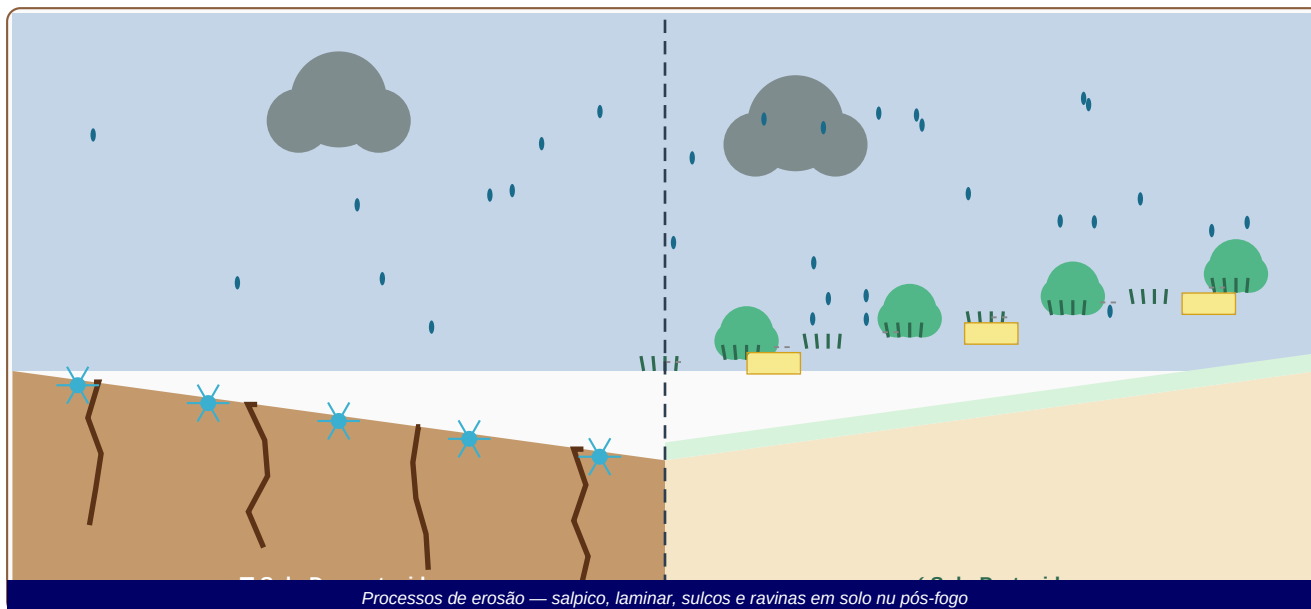
Este documento é propriedade intelectual da EcoSalix — Sistemas Ecológicos de Engenharia Natural, Lda. A reprodução total ou parcial sem autorização expressa da empresa é proibida. As informações técnicas contidas neste manual têm carácter informativo e de referência, não substituindo o julgamento profissional qualificado na aplicação de soluções técnicas específicas. A EcoSalix não se responsabiliza pela aplicação indevida das técnicas descritas sem adequada avaliação técnica do local e das condições específicas de cada projeto.

Índice

Controlo de Erosão Superficial · Manual Técnico

● 1. Erosão Hídrica em Portugal — Diagnóstico Nacional	4
● 2. Tipos de Erosão e Mecanismos Físicos	5
● 3. Modelação da Erosão — RUSLE e Ferramentas SIG	6
● 4. Hidrossementeira — Técnica, Equipamento e Misturas	7
● 5. Geotêxteis Biodegradáveis — Catálogo e Especificações	8
● 6. Técnicas de Controlo de Ravinas	9
● 7. Protocolo EcoSalix de Intervenção de Emergência	10
● 8. Dimensionamento — Exemplo Prático Completo	11
● 9. Controlo de Qualidade e Caderno de Encargos	12

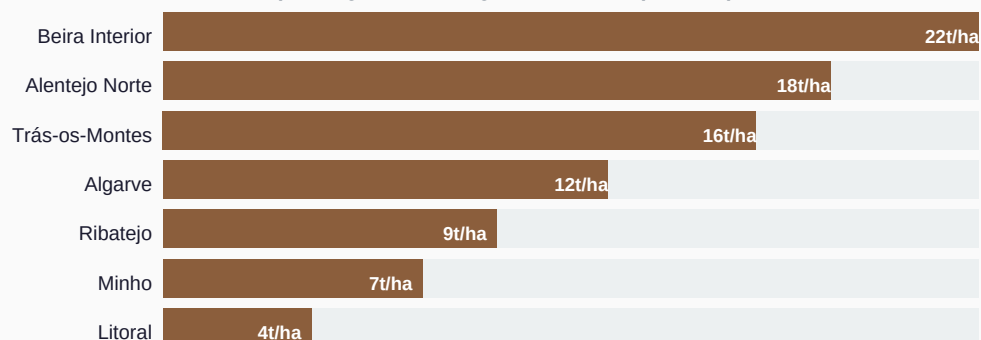
1. Erosão Hídrica em Portugal — Diagnóstico Nacional



Portugal é um dos países europeus com maior risco de erosão hídrica. O JRC (Joint Research Centre, UE) estima que 26% do território apresenta perdas de solo superiores a 11 t/ha/ano — o dobro da média europeia. O sul e centro-norte são as regiões mais críticas, agravadas pelos incêndios florestais recorrentes onde a erosão pode ser 100× superior ao normal.

As consequências económicas são severas: assoreamento de albufeiras (perda de 12 hm³/ano de capacidade, SNIRH 2022), degradação da qualidade da água para consumo e rega, destruição de infraestruturas viárias e agrícolas, e perda irreversível de solo arável (1 cm de solo húmico = 100-1 000 anos de formação). O custo económico estimado ultrapassa 400 M€/ano em Portugal.

Perdas de Solo por Região — Portugal Continental (t/ha/ano)



2. Tipos de Erosão e Mecanismos Físicos

■ A distinção correta entre tipos de erosão é fundamental: soluções para erosão laminar (cobertura vegetal) diferem radicalmente das soluções para ravinas (intervenção estrutural + bioengenharia). Um diagnóstico errado gera desperdício de recursos.

Erosão por Salpico (Splash): Desagregação do solo pelo impacto das gotas de chuva. Velocidade de impacto: 5-9 m/s. 1 m de distância e desagregar 50-100 t/ha/evento em solos sem cobertura.

Erosão Laminar (Interrill): Remoção uniforme de partículas pelo escoamento superficial difuso. A mais insidiosa: responsável pela maior perda de solo agrícola em Portugal.

Erosão em Sulcos (Rill): Concentração do escoamento em canais com profundidade <30 cm. Indicador visível de reversível com mobilização e revegetação.

Ravina (Gully): Canal erosivo de profundidade >30 cm. Muito difícil de recuperar. Frequente em solos argilosos Alentejo e em áreas pós-fogo. Exige intervenção de EN especializada.

Erosão de Margens: Erosão lateral das margens de linhas de água pelo impacto da corrente. Agravada pela remoção retificação de leitos e eventos de cheia extrema.

3. Modelação da Erosão — RUSLE e Ferramentas SIG

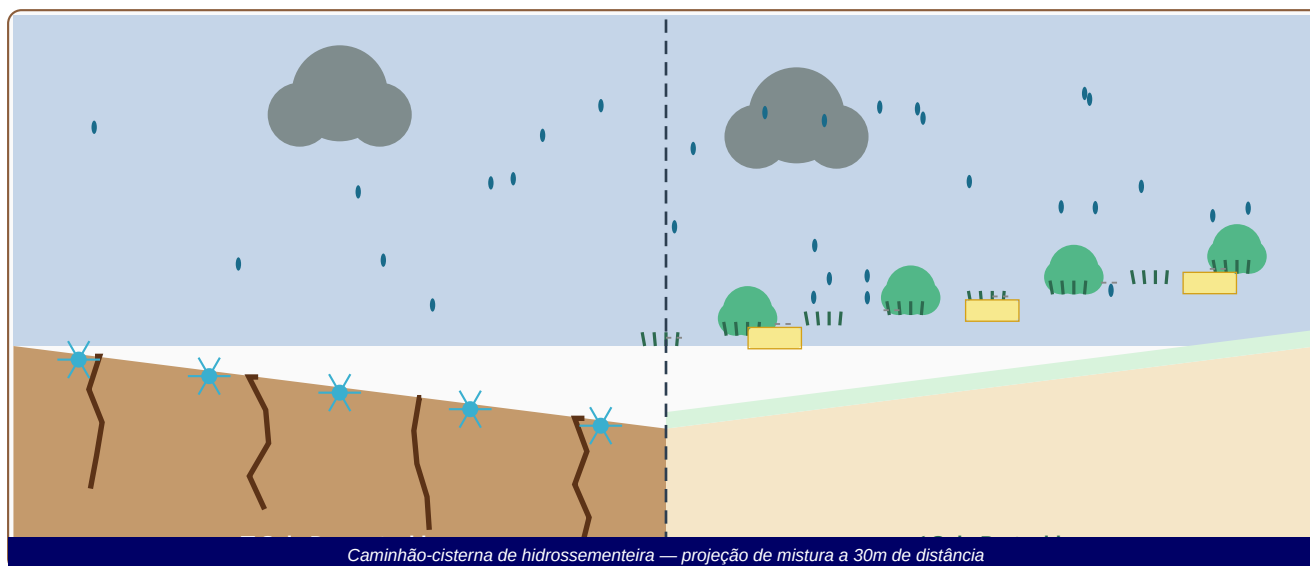
A RUSLE (Revised Universal Soil Loss Equation) é o modelo de referência para estimar a erosão e dimensionar as medidas de proteção. A equação $A = R \times K \times LS \times C \times P$ calcula a perda anual de solo (t/ha/ano) em função de 5 fatores multiplicativos.

Ferramentas SIG para Mapeamento de Erosão

A cartografia de risco de erosão pode ser produzida em ArcGIS/QGIS com dados abertos: MDE do SNIAmb (resolução 10m), mapa de solos SROA (K-factor), dados SNIRH (R-factor), uso do solo COS 2018 (C-factor). O resultado é um mapa raster de erosão potencial RUSLE que permite priorizar zonas de intervenção. O JRC disponibiliza o mapa RUSLE para Portugal em: <https://esdac.jrc.ec.europa.eu>

Fator	Designação	Gama Típica Portugal	Controlo EN
R	Erosividade da chuva	Norte: 800-1500 MJ·mm/ha·h·ano Sul: 400-800	Sem controlo
K	Erodibilidade do solo	0.01-0.07 (Franco-arenoso a Argila)	Parcial (+MO)
LS	Fator topográfico	1.0-20.0 (encosta 0-60%); >80 em ravinas	Modelação terra
C	Cobertura vegetal	0.001 (floresta densa) a 1.0 (solo nu)	Total — EN
P	Práticas de conservação	0.5 (mob. mínima) a 1.0 (convencional)	Gestão agrícola

4. Hidrossementeira — Técnica, Equipamento e Misturas



A hidrossementeira é a técnica de revegetação mais eficiente para grandes superfícies e áreas de difícil acesso. Permite cobrir 2-5 ha/dia com um caminhão-cisterna de 10 000 L.

■ **Nota Técnica:**

O mulch de fibra de madeira (mínimo 50 g/m²) e o ligante orgânico (goma guar 0.5-1%) são componentes obrigatórios: sem eles, a mistura escorre na primeira chuva. Em declives >40%, usar mulch 70-80 g/m² + geotêxtil de coco.

Tipo	Condição de Uso	Composição (% peso)	Taxa (kg/ha)
Tipo A	Emergência pós-fogo	Festuca rubra 30+Lolium perenne 20+Lotus corn.25+Trifolium	120-150
Tipo B	Talude rodoviário	Festuca rubra 40+Dactylis glomerata 20+Cichorium 15+Lotus	80-120
Tipo C	Revegetação ecológica	Espécies nativas da série de vegetação local (ver tabela esp.)	60-100
Tipo D	Solo pobre/ácido	Cytisus scoparius 20+Festuca 35+Lupinus 20+Phleum	100-140
Tipo E	Zona costeira/duna	Ammophila arenaria 50+Festuca arundinacea 30+Lagurus	60-90

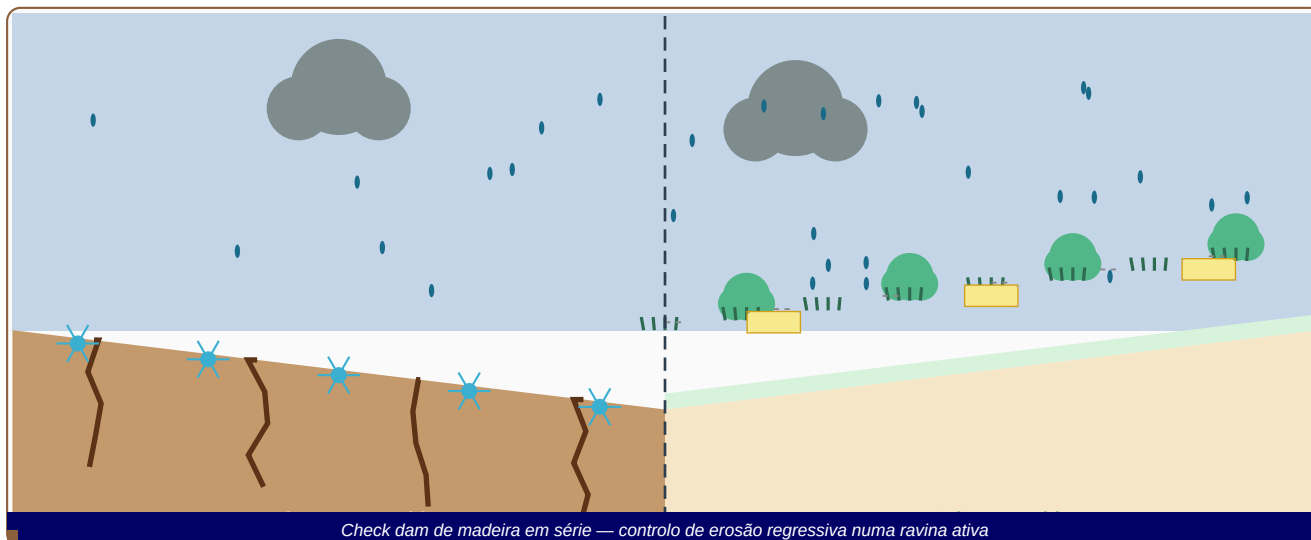
5. Geotêxteis Biodegradáveis — Catálogo e Especificações

Sobreposição e Ancoragem

A sobreposição mínima entre mantas é 30 cm no sentido da pendente e 20 cm transversalmente. Ancoragem mínima nas bermas: 30 cm enterrados. Estacas de arame galvanizado Ø4mm, L=500mm, malha 1×1m para taludes >35°.

Produto	Material Base	Peso (g/m²)	Resistência Tr (kN/m)	Duração	Declive Máx.
Manta Juta L	Juta tecida	230-300	3-6	12-18 m	25%
Manta Juta H	Juta tecida dupla	400-500	6-12	18-24 m	40%
Manta Coco L	Coco tecido	400-600	8-15	24-36 m	50%
Manta Coco H	Coco tecido	700-900	15-25	36-60 m	65%
Bio-rolo Ø20	Coco/Juta	—	—	36 m	Margem fluvial
Bio-rolo Ø40	Coco denso	—	—	60 m	Margem alta
Palhiço	Palha prensada	800-1200	1-2	6-12 m	15%

6. Técnicas de Controlo de Ravinas



Check dam de madeira em série — controlo de erosão regressiva numa ravina ativa

Check Dams de Madeira

Barragens transversais de troncos (eucalipto, pinheiro; Ø15-30cm; L=1.5-3m) cravados no fundo (enterrados ≥ 50 cm) e nas margens da ravina. Série de check dams: espaçamento $L = H/\tan(\text{ângulo fundo})$. Para ravina com ângulo 15° e check dam $H=0.8$ m: $L = 0.8/\tan(15^\circ) = 3.0$ m. Construir sempre de jusante para montante. Plantação de Salix nas margens após instalação.

Faxinas de Consolidação em Ravinas

Para ravinas com $L > 30$ m e $W > 2$ m: modelar o perfil para inclinação $\leq 45^\circ$ com máquina; instalar faxinas vivas de Salix nas bermas em curva de nível (espaçamento 1.5-2m); hidrossementeira Tipo A ou C em toda a superfície; geotêxtil de coco 700g/m² nas zonas com declive $> 40\%$.

Canalização Ecológica de Ravinas

Para ravinas muito ativas (erosão regressiva > 5 m/ano): estrutura de fundo em pedra natural (rípio) com declive controlado ($< 5\%$) para redução da energia da corrente + vegetação nas margens. Alternativa ao betão ciclópico com 60-70% menor custo e sem impacto ecológico.

7. Protocolo EcoSalix de Intervenção de Emergência

Protocolo de Emergência — Fases e Timing Crítico



Caso de Estudo — Controlo de Erosão Pós-Fogo

intervenção: >120 M€.
de sedimentos na 1ª época chuvosa vs. áreas não tratadas. Custo total intervenção: 8.2 M€ vs. custo estimado de erosão sem
5800 fardos de palha + 42 km geotêxtil coco + 11.000 ha hidrossementeira Tipo A. Resultado: redução de 75% da exportação
Intervenção emergência BAER — 12.000 ha prioritários

8. Dimensionamento — Exemplo Prático Completo

Exemplo de cálculo RUSLE e dimensionamento de medidas para talude tipo em Portugal Central.

Dados de Projeto

Local: Ourém, Portugal Central. Solo: Franco-argiloso, $K=0.042$. Declive: 28%. Comprimento: 95m. Cobertura atual: Solo nu pós-obra, $C=0.95$. Práticas: nenhuma, $P=1.0$. Pluviosidade: 950mm/ano, $R=1050 \text{ MJ}\cdot\text{mm}/\text{ha}\cdot\text{h}\cdot\text{ano}$.

Cálculo RUSLE Base

$LS = f(28\%, 95\text{m}) = 9.2$. $A = 1050 \times 0.042 \times 9.2 \times 0.95 \times 1.0 = 385 \text{ t/ha/ano}$. Risco: MUITO ALTO. Meta: $<5 \text{ t/ha/ano}$ (limite formação solo).

Solução Proposta e RUSLE Final

(1) Hidrossementeira Tipo B, 100 kg/ha — C de 0.95 para 0.15; (2) Faxinas vivas Salix em curva de nível cada 12m — P de 1.0 para 0.45; (3) Geotêxtil coco 700g/m² nos 30% de maior declive. RUSLE com solução: $A = 1050 \times 0.042 \times 9.2 \times 0.15 \times 0.45 = 27 \text{ t/ha/ano}$ (imediato). Após estabelecimento (18 meses): $C=0.04 \rightarrow A = 7.3 \text{ t/ha/ano}$. Aos 3 anos: $C=0.02 \rightarrow A = 3.6 \text{ t/ha/ano}$. ✓

9. Controlo de Qualidade e Caderno de Encargos

Pontos de Controlo de Qualidade — Obras de Controlo de Erosão

- Verificar concentração da mistura de hidrossementeira: 40-60 kg mulch/100L água (controlar com densímetro)
- Sobreposição de geotêxtil $\geq 30\text{cm}$ no sentido da pendente; ancoragem na berma $\geq 30\text{cm}$ enterrado
- Estacas de ancoragem: $\varnothing 4\text{mm}$ aço galvanizado, $L=500\text{mm}$, malha $1\times 1\text{m}$ em declives $>35^\circ$
- Fardos de palha: instalação em curva de nível rigorosa (nível de borbulha); enterrar base 10cm
- Check dams: nível de déversoir 10cm abaixo do rasto (evitar erosão lateral)
- Documentação fotográfica georreferenciada de todos os pontos de controlo
- Relatório fotográfico pré/pós instalação para registo e monitorização comparativa

Serviços EcoSalix

- **Engenharia Natural e Bioengenharia**
Estabilização de taludes, controlo de erosão, restauro ecológico
- **Arquitetura Paisagista**
Projeto de espaços verdes, jardins sustentáveis, espaços públicos
- **Engenharia Civil Ambiental**
Geossintéticos, estruturas ecológicas, drenagem natural
- **Consultoria Técnica**
Estudos de impacto, licenciamento, peritagem ambiental
- **Monitorização Ambiental**
UAV/drones, índices NDVI, relatórios de conformidade
- **Formação e Workshops**
Cursos práticos de bioengenharia, formação in-company

Contacte-nos

✉ geral@ecosalix.pt
☎ +351 964 169 349
🌐 www.ecosalix.pt