

# Metodologias de Mitigação dos Impactos dos Fogos – Enquadramento e Avaliação de Estratégias de Acção

**Autoria:** Maria Emília NOVO (1)

(1) Geóloga, Dr. Engenharia do Ambiente, Investigadora no LNEC, Av. Do Brasil, 101, 1700-066 Lisboa, Portugal, tel: 21 844 3623, email: [enovo@lneq.pt](mailto:enovo@lneq.pt)

## Resumo:

Este artigo resulta do estudo do Impacto dos Fogos sobre a quantidade e qualidade das águas superficiais e **subterrâneas** (Projecto POCI/AGR/59180/2004). Algumas das alterações mais comuns induzidas pelo fogo sobre o ciclo hidrológico, decorrem da menor capacidade de interceptação e evapotranspiração. Tal resulta da destruição do coberto vegetal e da alteração da capacidade de infiltração, devido à alteração das propriedades do solo e por vezes da formação de camadas hidrofóbicas. Estas modificações traduzem-se normalmente no incremento do escoamento superficial e aumento da magnitude do caudal de ponta, com uma consequente redução potencial da água disponível para a recarga. Em termos da qualidade das águas, a queima do coberto vegetal produz um conjunto de produtos poluentes que ficam disponíveis para entrarem no meio hídrico superficial e subterrâneo. Ao mesmo tempo a qualidade das águas superficiais é afectada pela erosão dos solos. A erosão dos solos afecta também as águas subterrâneas pois a redução da sua espessura tenderá a reduzir o seu efeito de barreira à propagação da poluição para as águas subterrâneas.

Os fogos impactam assim o ciclo hidrológico de forma directa na qualidade e quantidade, e de forma indirecta através dos factores associados aos solos (aumento de erosão, redução da capacidade de depuração, incremento potencial da sua hidrofobia). Deste modo, as estratégias de mitigação devem dirigir-se sempre para dois alvos: (1) solos; (2) águas. Para minorar os impactos do fogo sobre o meio hídrico são necessárias acções de mitigação que, para serem eficientes na protecção destes recursos, têm de ser delineadas em função duma avaliação do potencial para o desastre após o fogo. Assim deve analisar-se antes da execução da acção de mitigação: (1) a intensidade e severidade do fogo, (2) a topografia onde ocorreu o fogo, (3) o tipo de floresta atingida, (4) o risco de erosão dos solos atingidos, (5) a rede hidrográfica afectada, (6) os aquíferos – especialmente zonas de recarga – afectados, (7) os sistemas de abastecimento de água que podem ser afectados (ETAs, condutas, pontos de captação, etc.).

Neste artigo são analisadas várias técnicas de mitigação, em especial as direccionadas para a mitigação dos impactos dos fogos sobre os recursos hídricos subterrâneos, e de uma forma sumária indicados os seus potenciais e fragilidades. Apresentam-se também as condições (ex.: declive do terreno, condições climáticas, etc.) para as quais se admite que possam apresentar os melhores resultados. A análise desta eficácia deve ser encarada e usada apenas como linha-guia, dado que o sucesso destas técnicas está fortemente dependente das condições locais. De facto cada área ardida é um caso específico, a exigir uma abordagem individual e integrada dos diversos processos que podem originar o sucesso (ou a falha) das metodologias de mitigação.

**Palavras-chave:** fogos, águas superficiais, águas subterrâneas, erosão hídrica, mitigação, monitorização

## 1. Introdução:

Neste artigo avaliam-se algumas das medidas de mitigação dos impactos dos fogos no meio hídrico (superficial e subterrâneo), cuja aplicabilidade e eficácia foi analisada no decurso do projecto POCI/AGR/5918.0/2004 “Avaliação do Impacto de Fogos Florestais nos Recursos Hídricos Subterrâneos”.

Dado que os impactos dos fogos afectam o meio hídrico e os solos, e sendo os solos uma componente importante do funcionamento do meio hídrico, em especial subterrâneo, quaisquer estratégias de mitigação deverão ser dirigidas e projectadas para:

- Solos;
- Águas.

A mitigação dos efeitos do fogo (que tem de considerar a mitigação dos impactos adversos sobre a qualidade e quantidade do recurso hídrico) exige a avaliação do potencial para o desastre e identificar as medidas adequadas para o evitar, o que inclui a reabilitação da área afectada. Esta avaliação à posteriori deve ser complementada por uma avaliação à priori dos impactos do fogo, por meio de modelos e cenários. A avaliação à priori permite planificar com antecedência as acções de mitigação pós-fogo. Para delinear as acções de mitigação deverá ser analisado: (1) a intensidade e severidade do fogo, (2) a topografia da área afectada, (3) o tipo de floresta atingida, (4) o risco de erosão dos solos atingidos, (5) a rede hidrográfica afectada, (6) os aquíferos – especialmente as suas zonas de recarga – que podem ser afectados, (7) os sistemas de abastecimento de água que podem ser afectados (ETAs, condutas, pontos de captação, etc.

## 2. Acções de Mitigação em Solos

A degradação e erosão dos solos após um fogo variará com o tipo de solo, seu declive e intensidade do fogo. A erosão do solo tem impactos na qualidade das águas superficiais (ex.: aumento da carga sólida) e subterrâneas pois o solo fica com menor capacidade de filtração e remoção de poluentes (devido à perda de espessura e redução das comunidades bióticas). Os primeiros meses após um fogo são de alto risco em termos de erosão e as acções para o seu controlo devem estabelecer-se nas primeiras semanas pós-fogo ou mesmo antes. A redução do escoamento e erosão associada limita o risco de inundação, a poluição das águas superficiais e a eutrofização de rios e lagos a jusante da área intervencionada. As medidas mitigadoras para reduzir os impactos negativos sobre os solos incluem:

1. **Avaliação do risco de erosão, aumento do escoamento superficial, risco de cheias, desmoronamentos, deslizamentos de terras e movimentação de detritos que eventualmente despoletem cheias** – faz-se com cartas de risco de erosão, modelos de erosão e de escoamento superficial, cartas de risco de cheia por aumento do escoamento e aporte de sedimentos aos canais fluviais, modelos de regimes de cheia, trabalhos de campo, cartas de risco de desmoronamento, deslizamento, movimentos de detritos e avalanches de rochas. A partir destes dados definem-se estratégias de: (1) redução da erosão e escoamento superficial, (2) prevenção dos danos.
2. **Cobertura dos solos** – reduz a erosão e favorece a infiltração; o tipo de cobertura usada, sua densidade e o tipo de floresta em que é aplicada afecta a sua eficácia (Coelho, 2007). Assim, antes da sua aplicação deve analisar-se: (1) tipo de floresta, (2) tipo de cobertura mais eficiente para essa floresta, (3) densidade da cobertura, (4) zonamento desta densidade, pois áreas diferentes terão riscos de erosão distintos e exigirão densidades diferentes de cobertura, (5) necessidade doutros tipos de intervenções e estruturas. Os materiais de cobertura podem incorporar sementes, em

- especial se se necessitar de sementeiras de emergência antes da eclosão das primeiras tempestades pós-fogo. Os materiais usados são: palha, juta, cascas e resíduos das árvores ardidas e/ou cortadas, agulhas de pinheiro, etc.
3. **Correcção e recuperação do solo** – tem por objectivo a melhoria das condições do solo para um mais rápido restabelecimento do coberto vegetal, favorecendo também a infiltração. Controla indirectamente a erosão e a melhoria da qualidade das águas superficiais. Inclui o uso de hidrogéis, lamas de águas residuais e outros biossólidos (promovem a actividade microbiana e a capacidade de retenção da água), fertilizantes inorgânicos e orgânicos.
  4. **Sementeiras** – destina-se à rápida criação dum coberto vegetal que fixe o solo, controle o escoamento superficial e reduza a erosão. Indirectamente pode melhorar a infiltração nos solos. A eficiência depende muito das intensidades das chuvas após a sementeira, tipo de sementes usadas, técnicas de sementeira, tempo decorrido entre a germinação das sementes e as chuvas com forte poder erosivo, assim como do declive dos terrenos e espessura dos solos, entre outros factores locais. As sementeiras podem ser associadas a acções de cobertura do solo e à aplicação, ou não, de fertilizantes.
  5. **Lavra segundo linhas perpendiculares ao declive** – quebra a camada hidrofóbica do solo devida ao fogo e cria microrelevos que favorecem a infiltração; promove o controlo do escoamento superficial e da erosão e é especialmente útil em áreas com algum declive. Como todas as medidas que efectuam o controlo da erosão, têm como efeito associado a melhoria da qualidade das águas superficiais na zona afectada. Quando se aplicam posteriormente medidas de reflorestação, deve definir-se com exactidão em que solos, a partir de que declives e outras condições, a lavra é preferível ao terraceamento. Deve saber-se se o microrelevo pós-fogo (restos de vegetação, raízes, troncos, etc.) é suficientemente eficaz, para as condições locais, para prevenir a erosão. Como com todas as técnicas que promovem a infiltração, deve definir-se se não poderá gerar um risco de poluição para as águas subterrâneas.
  6. **Outras medidas de prevenção e/ou redução da erosão nas vertentes** –pretendem diminuir o ravinamento e perda de solo, reduzindo a velocidade do escoamento superficial. Por impedirem a entrada de sedimentos na rede hídrica, reduzem a carga poluente nas águas, ao mesmo tempo criando um meio favorável à germinação das plantas. Podem promover a infiltração (ao criarem obstáculos ao escoamento superficial e reduzir a sua velocidade) mas onde há acumulação de sedimentos finos pode dar-se o efeito oposto. Estas medidas incluem: (1) barreiras anti-erosão com toros de madeira, rolos de erva, treliças de palha, resíduos de solo ou vegetação; (2) barreiras temporárias de retenção de siltes e materiais finos; (3) geotêxteis (só nas zonas de solos particularmente instáveis e de muito alto risco de erosão, onde outras estratégias de controlo de erosão não são eficazes); (4) barreiras de sacos de areia, cascalho ou terra, podendo ser providenciados com sementes para acelerar o processo de revegetação; (5) faixas de vegetação herbácea (servem de filtro aos sedimentos antes da entrada das águas na rede hídrica); (6) regueiras. As estruturas de menor dimensão destinam-se a controlar cargas menores de sedimentos, no geral em vertentes de baixo declive. Para definir onde colocar correctamente estas estruturas é necessário: (a) mapas de risco de erosão, (b) modelos de erosão do solo, (c) definição de zonas críticas de erosão, (d) definição de zonas de declive elevado com alto risco de impacto sobre os cursos de água principais, (e) disponibilidade de materiais, (g) facilidade de acessos à zona ardida.
  7. **Estruturas de retenção nas linhas de água** – muito usadas nos EUA, em zonas com áreas urbanas a jusante, para evitar problemas de erosão e cheias (especialmente “flash floods”). Incluem pequenas barragens de enrocamento ou outras, derrube de árvores para as linhas de água repondo as condições pré-fogo, reforço anti-erosivo das margens

e limpeza dos canais fluviais. A água retida nalgumas destas estruturas pode usar-se na recarga artificial na zona ardida, mas são desconhecidos os impactos sobre a qualidade das águas subterrâneas. Algumas destas estruturas (açudes de rochas, rolos de palha, troncos, etc.) têm como objectivo não a retenção das águas mas dos sedimentos, em especial em canais efémeros e de 1ª ordem; minoram a degradação da qualidade da água pois reduzem a sua carga sólida. Alguns destes sedimentos são gradualmente libertados durante a degradação das estruturas temporárias.

8. **Remoção de sedimentos finos do leito das linhas de água** – destina-se a evitar a impermeabilização do fundo dos leitos e melhorar as suas condições de infiltração; é de especial importância quando o curso de água recarrega aquíferos. Tais acções (ex.: aspiração de lamas e cinzas do fundo do leito) exigem a definição das características dos sedimentos e as condições hidrogeológicas controladoras da infiltração pois se mal dimensionadas podem causar efeitos antagónicos. Podem associar-se à remoção de troncos e outros resíduos orgânicos.
9. **Recolha de lenha queimada** – destinada a minorar o arraste de materiais em “flash floods”; a lenha pode ser usada em pequenas estruturas de retenção de sedimentos e redução da erosão. Pode ter efeitos nefastos, ao remover o microrelevo criado pelo material ardido existente no solo e promover a erosão devido aos trilhos abertos.
10. **Protecção das áreas de regeneração natural** – deverá ser especialmente cuidada nos primeiros anos, até as árvores atingirem um tamanho que lhes dê protecção mínima. Pode ser necessário reduzir o pastoreio nos primeiros anos e posteriormente promovê-lo para controlar as espécies arbustivas. Exige um cuidado planeamento temporal, função da evolução da floresta, e uma grande coordenação com as populações locais. Este tipo de mitigação pode levar a um mais lento restabelecimento do funcionamento do sistema hídrico. Como pode associar-se à criação de barreiras temporárias à circulação de gado e veículos, reduz a compactação do solo e a perturbação das condições de infiltração.
11. **Reflorestação** – pretende uma recuperação rápida do ecossistema. Tem como efeito imediato ajudar a minimizar os impactos da erosão e eventual mobilização de poluentes para as águas superficiais. Pode ajudar a aumentar a infiltração nos solos e levar uma recuperação das condições aproximadas do ciclo hidrológico ante-fogo. A velocidade de restabelecimento da floresta depende do clima local, severidade do fogo e práticas de reflorestação usadas. O uso de fertilizantes deve ser ponderado pois a sua aplicação pode causar mais impactos negativos nas águas do que o fogo ( <http://www.springerlink.com/content/p267288gm4750558/fulltext.pdf>). Há 3 tipos de intervenção possível:
  - a) **Reflorestação com a floresta nativa** – ecologicamente a mais adequada. Exige que se defina à priori: (1) Qual floresta nativa original, (2) Zona climática – para prever o tempo de recuperação da floresta e os tipos de associações florestais mais adequadas, (3) Estratégias de reflorestação (plantio manual, semeadura, plantio mecânico, semeadura aérea) – a opção por cada um destes sistemas depende do tipo, extensão e severidade do fogo, acessibilidade do terreno, condições de solo e declive, mão de obra e maquinaria disponível, questões económicas, a opinião e voluntarismo dos proprietários. Faz-se com frequência um plantio escalonado de herbáceas, seguido de plantio de árvores para reduzir a erosão e as perdas de sementes e árvores plantadas; tem especial interesse em grandes áreas ardidas com severidade.
  - b) **Reflorestação com espécies de crescimento rápido** – se incluir exóticas pode alterar a comunidade florística da área intervencionada e áreas vizinhas, gerando impactos nos ecossistemas. Pode ser aplicada a regiões muito degradadas.
  - c) **Recuperação natural** – é ineficaz em áreas degradadas, condições climáticas desfavoráveis ou extensas áreas atingidas por fogos de grande intensidade e

severidade onde não haja áreas residuais de floresta para fornecer sementes. Caso haja exóticas/infestantes antes do fogo, é preciso fazer o seu controlo para que não dominem as espécies nativas e substituam a floresta natural.

### 3. Acções de Mitigação em Águas

A mitigação dos impactos dos fogos sobre os recursos hídricos tem de actuar ao nível da quantidade e qualidade. Os efeitos dos fogos sobre o meio hídrico são variáveis ao longo do tempo, pelo que é sempre necessário considerar esta variabilidade temporal. A **quantidade** relaciona-se com o escoamento superficial, recarga e variação da água usada pelas plantas à medida que o coberto vegetal recupera. Estudos na Austrália demonstram que ao início a perda de vegetação leva à menor absorção de água na zona ardida, logo ao aumento do escoamento superficial; à medida que a floresta renasce, as árvores jovens consomem mais água, ocorrendo reduções substanciais no escoamento superficial durante algumas décadas (<http://www.csiro.au/news/BushfireImpact.html>). Segundo este mesmo estudo os impactos a longo prazo nos volumes de água cedidos pela bacia hidrográfica dependem do tipo e condições da floresta ardida, da intensidade do fogo e da densidade e vigor da floresta em recuperação. A infiltração no meio subterrâneo é também afectada pela presença de camadas hidrofóbicas nos solos ardidos. A **qualidade** é afectada pelos elementos maiores, compostos orgânicos (cf. Laranjeira e Leitão, 2008) e metais pesados (cf. <http://www.colorado.edu/news/releases/2002/328.html>) libertados pelo fogo e materiais erodidos que depois atingem as linhas de água. Cada tipo de vegetação (e solo) ardida tem diferentes cargas poluentes, que variam também segundo a intensidade e severidade do fogo. A atenuação ao longo do tempo desta poluição depende do tipo de contaminante, tipo de solo, padrões de precipitação e escoamento pós-fogo. No **meio superficial** a qualidade é condicionada pelos processos erosivos (sendo função da carga de cinzas, solos e outros resíduos sólidos + lixiviados resultantes da dissolução de alguns destes materiais). No **meio subterrâneo** a qualidade é afectada pela infiltração, sendo afectada pela erosão apenas se esta for intensa o suficiente para alterar o funcionamento depurativo do solo (a carga poluente resulta da infiltração de lixiviados de cinzas e solos). Entre as principais medidas de mitigação para o meio hídrico, citam-se:

1. **Caracterização do tipo de coberto vegetal ardido** – destina-se a definir as cargas poluentes e sua distribuição, com vista à definição de estratégias de mitigação. Usa a detecção remota, métodos estatísticos, etc. (Tujeira *et al.*, 2007).
2. **Estruturas de intercepção em pequena escala** – reduzem o escoamento, a erosão e por vezes promovem a infiltração, retêm sedimentos e poluentes associados. Estas estruturas (regueiras, faixas de herbáceas interceptoras, barreiras de troncos de árvores, rolos de palha ancorados nos solos, barreiras temporárias de retenção de siltes e finos, terraceamentos, lavras, etc.) afectam assim a **quantidade** e **qualidade** do meio hídrico.
3. **Cobertura de solos** – reduz o escoamento superficial, compactação e erosão do solo, promove a retenção da humidade no solo e o aumento da infiltração (dependendo do tipo de cobertura utilizada). Reduz assim a carga sólida e dos compostos dissolvidos resultantes dos fogos (C, nitratos e outros nutrientes) que chega aos rios, promovendo a qualidade das águas superficiais e minorando a eutroficação dos cursos de água pós-fogo (<http://www.colorado.edu/news/releases/2002/328.html>). A melhoria das condições de infiltração pode porém promover a infiltração de poluentes para o meio subterrâneo. Estas coberturas (palha, fertilizantes orgânicos, resíduos de lenhas e materiais ardidos, geotêxteis, etc.) simulam até certo ponto o comportamento hídrico da camada de orgânica à superfície do solo. A sua eficácia depende do tipo de cobertura, declive do terreno, tipo de solo e regime de chuvas pós-fogo.
4. **Quebra da camada hidrofóbica superior do solo** – esta camada está associada a

- fogos de alta severidade, solos grosseiros e também a tipos específicos de vegetação, podendo existir antes do fogo. A sua destruição pretende melhorar a infiltração, e assim a melhoria da qualidade das águas superficiais; pode porém promover o transporte de poluentes para o meio subterrâneo. É pouco adequada em zonas declivosas, solos finos ou esqueléticos (cf. [http://www.fs.fed.us/rm/pubs/rmrs\\_gtr042\\_4.pdf](http://www.fs.fed.us/rm/pubs/rmrs_gtr042_4.pdf)). Há três formas de destruição da camada hidrofóbica – (1) adição de matéria orgânica, (2) lavra do terreno, (3) plantio imediato de vegetação – que se podem sobrepor no tempo, sendo importante definir tempos de máxima eficácia para a aplicação de cada um. A sua eficácia depende do tipo de solo, vegetação ardida e intensidade do fogo.
5. **Barreiras de vegetação ripícola** – são uma forma de retenção da carga sólida (em especial finos e cinzas) das águas de escorrência das zonas aridas, impedindo a sua chegada às linhas de água, protegendo a sua qualidade. São também eficazes na redução da poluição térmica associada aos fogos, que pode ser propiciadora de eventos de eutrofização ([http://www.fs.fed.us/rm/pubs/rmrs\\_gtr042\\_4.pdf](http://www.fs.fed.us/rm/pubs/rmrs_gtr042_4.pdf)).
  6. **Filtragem por areias** – usada para pré-tratar as águas superficiais contaminadas por fogos, e que sejam destinadas a recarga do meio subterrâneo.
  7. **Terraceamento** – especialmente útil em declives elevados, visando reduzir a erosão, escoamento superficial e o transporte de nutrientes. Melhora a qualidade do meio hídrico superficial e aumenta a infiltração. Associado muitas vezes com a reflorestação, pode integrar-se em planos mais alargados de mitigação, sem custos acrescidos.
  8. **Criação de estruturas promotoras da infiltração** – pretende combater o excesso de escoamento superficial e canalizá-lo para a infiltração, criando reservas hídricas para a recuperação vegetal e o reequilíbrio do funcionamento hidrológico. Pode haver risco de poluição do meio subterrâneo, se a estrutura de infiltração for mal dimensionada ou não se tomar em devida consideração a qualidade da água a infiltrar; as estruturas de infiltração passiva são as que garantem uma melhor qualidade da água infiltrada. Devem realizar-se nos primeiros tempos pós-fogo e podem ser combinadas com estruturas de retenção de pequena escala (controlo de erosão) e quebra das camadas hidrofóbicas do solo. As estruturas de retenção parcial de sedimentos e redução da velocidade de escoamento (terraços, barreiras de troncos, etc.) podem também usar-se para promover a infiltração; para maior eficácia podem criar-se estruturas específicas de infiltração (e.g. trincheiras com filtros, furos de infiltração). A canalização do escoamento superficial para a infiltração pode reduzir a chegada de nutrientes às águas superficiais (cf. <http://www.colorado.edu/news/releases/2002/328.html>) mas os impactos nas águas subterrâneas são mal conhecidos.
  9. **Captção do escoamento e injeção no meio hídrico subterrâneo** – recorre a estruturas de retenção do escoamento superficial ao longo dos declives (ex.: recolha de escoamento em microbacias), canalizando-o para sistemas de injeção no meio hídrico subterrâneo. Pode também usar as águas acumuladas em estruturas de retenção para controlo de cheias, construídas nas linhas de água. Deve assegurar-se à priori que a água entrada no sistema subsuperficial não propicia deslizamentos de terra. Pode haver risco de poluição dos aquíferos se não se tomar em devida consideração a qualidade das águas a infiltrar.

#### 4. Avaliação da Eficácia das Medidas de Mitigação dos Impactos dos Fogos

A maioria das medidas de mitigação foca-se na **redução dos impactos provocados pela erosão** das áreas aridas (e fenómenos associados: cheias, eutrofização das águas superficiais, etc.), seguido da **recuperação dos ecossistemas**, havendo uma experiência algo reduzida de medidas de mitigação do **controlo da qualidade das águas**, sobretudo no meio subterrâneo. O

**controlo da quantidade da água** surge sempre enquadrado no âmbito da erosão e raramente no sentido da reposição das reservas hídricas subterrâneas. A correcta avaliação da eficácia das acções de mitigação exige estudos de monitorização, que deverão abranger diferentes tipologias de locais ardidos (considerando aspectos físicos e biológicos) e diferentes tipos de intervenções. Devem ter significativa extensão temporal, pois a recuperação é um processo prolongado, com forte modificação temporal de parâmetros (físicos, químicos, volumes mobilizados nas diferentes parcelas do ciclo hidrológico). Uma primeira análise da melhor aplicabilidade das diferentes técnicas de mitigação é apresentada no Quadro 1. Os campos vazios indicam as condições para as quais, na literatura consultada, não há referência a acções de mitigação. Deve ter-se presente que cada área ardida é em si específica, donde é importante conduzir estudos que confirmem quais das várias técnicas, ou combinação de técnicas, são melhores em cada situação.

No Quadro 2 faz-se uma análise das limitações de diferentes estratégias de mitigação. Os títulos a azul referem-se a medidas de controlo de erosão com impactos sobre as águas e os títulos a verde referem-se a medidas de mitigação específicas de controlo da qualidade da água.

## 5. Conclusões

A prevenção é talvez a mais eficiente medida de mitigação pois impede a eclosão do problema. Assim que a prevenção é uma **estratégia de mitigação à priori**.

Nas **águas superficiais** a mitigação dos impactos dos fogos sobre a qualidade deve versar sobre: (A) minimização da erosão de solos e do arraste de cinzas (redução da carga sólida); (B) retenção dos lixiviados das cinzas e solos ardidos antes de atingirem as linhas de água. Nas **águas subterrâneas** a mitigação deve versar sobre: (A) manutenção dos volumes de infiltração ante-fogo; (B) eliminação/retenção dos lixiviados das cinzas e solos ardidos. As medidas de mitigação mais usadas actuam em simultâneo sobre a erosão, infiltração, qualidade da água, etc. A escolha das medidas de mitigação, em especial as de emergência, exige uma **avaliação da vulnerabilidade** à erosão do solo, escoamento superficial e qualidade das águas nas áreas afectadas (cf. [http://www.ars.usda.gov/research/projects/projects.htm?ACCN\\_NO=406982&showpars=true&fy=2005](http://www.ars.usda.gov/research/projects/projects.htm?ACCN_NO=406982&showpars=true&fy=2005)). O sucesso destas medidas depende bastante das **condições climáticas** pós-fogo, que podem também determinar o tipo de intervenção (e.g. ventos fortes prevalentes na área ardida ou períodos de chuvas intensas após fogo podem destruir as acções de sementeira e/ou de cobertura de solos).

É assim importante, para se obter o máximo de sucesso, estruturar um calendário de intervenção que considere: (1) as condições climáticas (épocas de chuvas e de tempestade; ventos dominantes nas diferentes épocas do ano); (2) o ciclo vegetativo da cobertura nativa. Na maior parte dos casos as medidas são menos eficazes (particularmente sementeiras, coberturas de solos, hidromulching, etc.) quando nos primeiros dois anos após o fogo ocorrem tempestades de curta duração e alta intensidade (cf. [http://www.fs.fed.us/rm/pubs/rmrs\\_gtr042\\_4.pdf](http://www.fs.fed.us/rm/pubs/rmrs_gtr042_4.pdf)). Dever-se-ão considerar ainda factores como (1) quantidade de cobertura vegetativa do terreno, (2) textura do solo, (3) incrustações do solo, (4) área de rochas aflorantes e (5) declive do terreno. De referir que camadas hidrofóbicas mais espessas podem persistir durante mais de um ano e continuarão a ter impacto sobre a infiltração das águas e desenvolvimento das plantas, devendo ser consideradas nos planos de intervenção. Algumas regras potenciadoras do sucesso das medidas de mitigação são: (1) evitar intervir intensamente em áreas sensíveis, (2) criar uma paisagem em mosaico, com zonas de corte da matéria ardida e zonas de não corte, mantendo as valências estruturais e ecológicas da madeira queimada, (3) evitar as queimas de resíduos do corte, e (4) acompanhar todo o período de recuperação e intervenção com um sistema de monitorização que revele a eficácia de cada medida de mitigação e a tendência evolutiva de recuperação da região.

A monitorização é o único instrumento que pode fornecer informação sobre a eficácia de diferentes intervenções em diferentes condições ambientais. Esta deve iniciar-se logo após a intervenção, pois as primeiras tempestades são as que geralmente colocam mais riscos. Apesar de não existir um protocolo comum sobre o que deve ser monitorizado, é importante medir: (1) taxas de redução da erosão, (2) eventos e intensidade de sedimentação e/ou inundações a jusante da área intervencionada, (3) alterações nas taxas de infiltração, (4) produtividade do solo, (5) recuperação do ecossistema e (6) parâmetros de qualidade da água. Áreas áridas e não tratadas devem ser usadas como áreas controlo, para avaliar a eficácia de curto e longo prazo das intervenções, assim como a resposta do ecossistema ao fogo e as suas taxas de recuperação natural. A monitorização deverá ocorrer num espaço alargado de tempo, dado que a recuperação pós-fogo pode demorar até 15 anos, período em que ocorrem variações nas taxas de infiltração, recarga e escoamento superficial, em função do desenvolvimento da vegetação, desaparecimento dos solos hidrofóbicos, etc.

### Bibliografia:

[http://www.ars.usda.gov/research/projects/projects.htm?ACCN\\_NO=406982&showpars=true&fy=2005](http://www.ars.usda.gov/research/projects/projects.htm?ACCN_NO=406982&showpars=true&fy=2005)

[http://www.fs.fed.us/rm/pubs/rmrs\\_qtr042\\_4.pdf](http://www.fs.fed.us/rm/pubs/rmrs_qtr042_4.pdf)

<http://www.springerlink.com/content/p267288gm4750558/fulltext.pdf>

<http://www.colorado.edu/news/releases/2002/328.html>

COELHO, C. (2007) – *Avaliação dos efeitos da utilização de práticas de conservação do solo e da água, após incêndio, na diminuição do escoamento e das perdas de solo em povoamentos de Pinus pinaster e Eucalyptus globulus*. Workshop “Estratégias e respostas para minimizar o efeito do impacto dos fogos florestais na quantidade e na qualidade da água”, 12 Dezembro 2007.

DEBYLE, N V. (1970) – *Do contour trenches reduce wet-mantle flood peaks?* Research Note INT-108; US Department of Agriculture, Forest Service, Intermountain Forest and Range Experiment Station, Ogden, UT.

LARANJEIRA, I., LEITÃO, T., (2008) – *Avaliação do Impacte de Fogos Florestais nos recursos Hídricos Subterrâneos: Análise do impacte dos fogos florestais na qualidade química das águas superficiais e subterrâneas das áreas de estudo da Região Centro, 3º Relatório de Progresso*. Relatório 63/2008 – NAS/LNEC, pp. 84.

PEREIRA, A. D. (2007) – *Spatial and temporal patterns of solute loss following wildfires in central Portugal*. Workshop “Estratégias e Respostas para Minimizar o Efeito do Impacte dos Fogos Florestais na Quantidade e Qualidade da Água”. Dezembro, Lisboa, LNEC.

ROBICHAUD, P.R.; BROWN, R.E. (1999) – *What happened after the smoke cleared: onsite erosion rates after a wildfire in eastern Oregon*. In: Olsen, D.S.; Potyondy, J.P. (eds.). Proceedings, wildland hydrology conference; 1999 June; Bozeman, MT. Herson, VA: American Water Resource Association, pp. 419–426. In: [http://www.fs.fed.us/rm/pubs/rmrs\\_qtr042\\_4.pdf](http://www.fs.fed.us/rm/pubs/rmrs_qtr042_4.pdf).

SHAKESBY, R., WALLBRINK, P., DOERR, S., ENGLISH, P., CHAFER, C., HUMPHREYS, G., BLAKE, W., TOMKINS, K. (2007) – *Distinctiveness of wildfire effects on soil erosion in south east Australian eucalypt forests assessed in a global context*. Forest, Ecology and Management. Vol. 238, pp. 347-364.

TUJEIRA, R., QUINTA-NOVA, L., FERNANDEZ, P. (2007) – *Caracterização e análise do coberto vegetal lenhoso e o seu contributo para a produção de cinzas resultantes de incêndios florestais*. Workshop “Estratégias e Respostas para Minimizar o Efeito do Impacte dos Fogos Florestais na Quantidade e Qualidade da Água”. Dezembro, Lisboa, LNEC.



## ANEXOS

**Quadro 1 – Ações de mitigação para diferentes condições de campo**

Factores	Classes	Acções
Declive	0 – 10%	Barreiras de ramos; Lavra de solos (soil tilling); Barreiras de erva; Escarificação e raspagem mecânica; “Silt fencing”; Cava, lavra e gradagem; Redes de juta
	10 – 20%	Barreiras de ramos; Sacos de areia; “Silt fencing”; “Mulching” manual ou por via aérea; Barreiras de erva; Escarificação e raspagem mecânica; Cava, lavra e gradagem; Açudes de treliças de palha
	20 – 40%	Barreiras de ramos; Barreiras de troncos caídos; Sacos de areia; “Mulching” manual ou via aérea; Açudes de rochas; Açudes de troncos; Açudes de treliças de palha; Açudes de rolos de palha
	40 – 60%	Sementeira de emergência + mulching; Mulching manual ou via aérea; Barreiras de troncos caídos; Cobertura por resíduos orgânicos; Terraceamento; Açudes de rochas
	> 60%	Mulching manual; Hidromulching; Sementeira por via aérea; Sementeiras de emergência; Cobertura por resíduos orgânicos; Terraceamento; Cobertura de solos por geotêxteis; Cobertura de solos por redes de juta, com ancoragem
Tipo de solo	Arenoso grosseiro – criam camadas hidrofóbicas	Destruição da camada hidrofóbica; Correção de solos com hidrogel (ajuda à retenção de água); Terraços; Escarificação e raspagem
	Arenoso fino	Açudes de troncos; Terraços
	Siltoso	Trincheiras segundo as curvas de nível; Açudes de troncos; Terraços
	Argiloso – sensível à compactação e consequente redução da infiltração (pode causar problemas de erosão)	Mulching (pode usar-se para evitar a compactação); Gradagem (com ancinho) <i>*não se deve usar maquinaria pesada devido à sensibilidade à compactação</i>
	Franco	Trincheiras segundo as curvas de nível
	Pedregoso ou esquelético	Técnicas de recuperação do solo
	Húmico/orgânico – tende a arder na sua maior parte, perante um fogo	Restauração do solo (para contrariar a sua degradação, aumentar a sua protecção e/ou acelerar a recuperação do ecossistema)
Vulnerabilidade e dos solos à erosão	Fraca	Plantios paralelos às linhas de contorno topográfico
	Moderada	Sementeiras de emergência; Cobertura por resíduos orgânicos e barreiras de troncos; Plantios paralelos às linhas de contorno topográfico
	Elevada	Ações de recuperação do solo; Mulching; Sementeiras de emergência; Barreiras de troncos; Promoção do crescimento da vegetação; Plantios e regeneração natural (com fertilização dos solos e melhoria da sua qualidade física); Terraceamento
	Muito elevada	Mulching; Sementeiras de emergência; Evitar corte e remoção de lenhas; Ações de recuperação do solo, mas só após sementeiras e/ou cobertura por resíduos (mulching); Barreiras de troncos; Plantios e regeneração natural (com fertilização dos solos e melhoria da sua qualidade física); Terraceamento; Cobertura de solos por geotêxteis
Tipo de rocha mãe	Granitos (geram com frequência camadas hidrofóbicas)	Mitigação contra camadas hidrofóbicas (escarificação de solos, etc.); Açudes de troncos e pequenos terraços construídos com troncos
	Não granitos	Porosas Fissuradas
Grau de severidade do fogo	Pouco severo	Estruturas de intercepção a pequena escala
	Moderado	Hidromulching por via aérea; Estruturas de intercepção a pequena escala; “Slash spreading”
	Severo	Sementeiras de emergência; Cobertura por resíduos orgânicos; Barreiras de troncos; Hidromulching por via aérea
	Muito severo – tendem a criar camadas hidrofóbicas	Destruição da camada hidrofóbica; Escarificação e raspagem; Técnicas de recuperação do solo

Factores	Classes		Acções
Área ardida	< 10 ha		Sementeira manual/mecânica; Mulching manual e/ou mecânico
	10 a 100 ha		Sementeira mecânica; Mulching mecânico
	100 a 300 ha		
	300 a 600 ha		
	600 a 1000 ha		
	> 1000 ha		Sementeira e mulching por via aérea; Plantio escalonado de herbáceas, seguido de plantio de árvores
Tipo de ocupação do solo	Eucalptal – muito propenso a fogos; gera camada hidrofóbica na ausência de fogos		Plantio/repovoamento (em áreas de clima mais frio a sua recuperação é complicada pelo stress térmico e susceptibilidade a parasitas). Exótica com grandes necessidades de água na fase de crescimento)
	Coníferas		Cobertura por materiais da própria floresta <sup>1</sup> ; Mulching (quando a cobertura por materiais da floresta não é possível); Plantio combinado de resinosas e folhosas (plantio de pinhos [crescimento rápido] e azinheiras [grande resiliência]); Semeadura de herbáceas, para áreas onde se pretende ter retorno económico antes da área ardida voltar a produzir madeira <sup>2</sup>
	Folhosas		Semeadura de herbáceas
	Mista de coníferas/folhosa		Plantio combinado de resinosas e folhosas
	Matos altos		Plantio de árvores e arbustos de regeneração vegetativa (mais resilientes aos fogos que as plantas de propagação por sementes)
	Matos rasteiros		
	Prados		Semeadura de herbáceas
	Galeria ripícola e vegetação ripícola baixa		Preservação durante o fogo e/ou plantio pós fogo ao longo das bordaduras ribeirinhas
	Zonas de conservação da natureza		Recuperação natural; Protecção das áreas de regeneração natural; Reflorestação com flora nativa
	Ocupação mosaico – permite algum controlo no avanço, intensidade e severidade do fogo; se este for muito severo tal controlo pode ser ineficaz		Reconstrução da paisagem segundo igual estrutura; mesmo se inicialmente a ocupação do solo não seja em mosaico, é por vezes aconselhado constituir uma paisagem deste tipo
Zonas degradadas		Técnicas de recuperação do solo; Regulação dos fluxos hidráulicos (por introdução de herbáceas, arbustivas e árvores); Sementeiras de emergência; Cobertura por resíduos orgânicos; Barreiras de troncos; Plantios e favorecimento da regeneração natural (fertilização dos solos e melhoria da sua qualidade física)	
Orientação áreas ardidas	Orientação das vertentes	N (1)	Regeneração natural da vegetação
		S	Plantio e semeadura
		E	
		W	
Condições climáticas	Intensidade dos ventos	Fracos	Sementeira aérea; Mulching/cobertura do solo manual ou aéreo
		Moderados	Sementeira manual ou motorizada; Sementeira aérea; Mulching manual ou aéreo
		Fortes	Sementeira manual ou motorizada; Mulching manual
		Muito fortes	Sementeira manual, se possível; Mulching manual

<sup>1</sup> Uma cobertura de agulhas de pinheiro de 50% do solo reduz a erosão intersulcos entre 60 a 80%, donde pode excluir-se o mulching nas zonas onde as agulhas de pinheiro fazem boa cobertura do solo.

<sup>2</sup> Nalguns casos pode afectar o desenvolvimento das espécies arbóreas.

Factores	Classes		Acções
Condições climáticas	Calendário de chuvas pós-fogo	Sem chuvas	
		Trovoadas Verão	
		Chuvas Outono-Inverno	Mulching (e sementeiras) mas com aplicação estratégias de retenção: incorporação no solo, adição de emulsão aderente ou colocação de pequenas árvores ou ramos sobre os resíduos
	Intensidade das chuvas pós-fogo	Sem chuvas	
		Fraca	Barreiras com toros de madeira
		Mediana	Mulching; Sementeiras; Barreiras com toros de madeira
		Elevada	Plantio escalonado de herbáceas, seguido de plantio de árvores
		Muito elevada: tempestades (2)	Mulching com estratégias de retenção; Pequenas barreiras de troncos, ancoradas, ao longo das encostas; Estruturas de retenção de emergência nas linhas de água

(1) Em estudos na Catalunha verificou-se que a erosão era muito maior na encosta S que na encosta N. (2) O sucesso do mulching depende da quantidade e intensidade das chuvas. O mulching e boa parte das outras coberturas de solo têm poucos resultados perante eventos de tempestade ou zonas de frequentes ventos fortes.

**Quadro 2 – Estratégias de mitigação dos fogos e avaliação das suas condições de eficácia**

Acções	Condições para as quais as acções dão...		
	Resultado fraco	Resultado médio	Resultado bom
<b>Plantio de árvores e arbustos de regeneração vegetativa</b> – para aumentar a resiliência de matos susceptíveis ao fogo (ex.: campos abandonados) dominados por espécies de regeneração por semente. As árvores e arbustos de regeneração vegetativa são muito resilientes ao fogo			Técnica de restauro em zonas susceptíveis à desertificação.
<b>Plantio combinado de resinosas e folhosas</b> – para restauro de florestas adultas. Consiste em plantar pinhos (crescimento rápido) e só ao fim de alguns anos introduzir as folhosas como azinheiras e outras quercíneas (grande resiliência) sob as copas de pinheiros.	Os pinheiros jovens são muito susceptíveis aos fogos, donde o plantio só por pinhos traz risco elevado de fogos, em especial nas zonas muito vulneráveis a estes.	A evolução no conhecimento da ecofisiologia das folhosas levou a um maior sucesso no seu plantio em áreas degradadas do Mediterrâneo.	Técnica de restauro em zonas susceptíveis à desertificação.
<b>Semeadura – técnica aplicável a zonas susceptíveis à desertificação (se de emergência)</b> a semeadura de herbáceas usa-se em especial em áreas onde se pretende obter alguma produtividade antes da área ardida voltar a produzir madeira.	As plantas de desempenho elevado podem reduzir a vegetação nativa, assim como a densidade e crescimento de resinosas. Por vezes a semeadura de herbáceas não assegura o aumento do coberto vegetal no primeiro ano pós fogo.	O sucesso da semeadura depende do tipo de planta e germinação na altura certa do ano. Frequentemente tem melhor sucesso onde é menos necessário (declives suaves e áreas de vegetação ripícola).	Se aplicada em encostas de declives acentuados e fraca capacidade regenerativa, associada a cobertura de solo e semeadura de herbáceas, pode reduzir o escoamento superficial e a erosão nos 2 anos pós-incêndio.
<b>Sementeira aérea + mulching</b> – serve para semear áreas vastas, de difícil acesso, num curto tempo e a baixos custos; adequada em zonas onde vasta parte do coberto vegetal foi destruído; muito usada em sementeiras de emergência pós-fogo e na regeneração de áreas de abate de floresta.		A aplicação eficaz das sementes por via aérea exige grande capacidade de pilotagem e ventos fracos para que a semeadura seja homogénea.	As sementes lançadas e cobertas com resíduos podem ter taxas de germinação até 80% mesmo em zonas semi-áridas sem irrigação (ex. Alicante).

Acções	Condições para as quais as acções dão...		
	Resultado fraco	Resultado médio	Resultado bom
<p><b>Semeadura directa</b> – a escolha da melhor altura para semear e a aplicação de tratamentos para acelerar a germinação podem ser vitais para assegurar uma germinação rápida; a eficácia destes tratamentos varia com as condições climáticas, podendo ser de grande importância para o sucesso das sementeiras outonais. O efeito das sementeiras sobre a recuperação da vegetação depende muito das condições climáticas e das comunidades vegetais pré-fogo; no geral promovem a redução na erosão e transporte de sedimentos. Há um conjunto variado de associação de semeaduras com outras técnicas de mitigação, que poderão ter diferentes eficácias em áreas queimadas de diferentes características, mas cujas eficácias estão pouco definidas (ex.: "mulching" e escarificação; ajudam a ancorar as sementes e a melhorar a germinação). A eficácia da semeadura depende de: (1) calendário correcto de sementeira, (2) escolha das sementes, (3) protecção contra os danos das pastagens, (4) ocorrência de chuva suaves promotoras da germinação, antes da chegada das grandes chuvas. O calendário correcto de sementeira depende da localização geográfica: nalgumas zonas é melhor semear directamente sobre as cinzas, antes da ocorrência das chuvas, noutras é preferível semear após as primeiras chuvas.</p>	<p>Incerteza associada à germinação, sobrevivência e crescimento das espécies semeadas. A sementeira à superfície e sem cobertura teve os piores resultados (Alicante). Ocorre predação de sementes; a alternativa é misturar outras sementes, para alimento dos animais (nem sempre tem sucesso). As plantas de desempenho elevado podem reduzir a densidade de arbustivas nativas de regeneração por sementes, em especial as anuais que surgem após o fogo, e a densidade e crescimento das resinosas. A sementeira tem, segundo alguns autores, baixa redução da erosão na primeira estação húmida pós fogo, quando as taxas de erosão são as mais elevadas.</p>	<p>Depende da disponibilidade de água: se houver água as taxas de germinação têm sucesso, mas se não houver regas as taxas decrescem até 50% (zona de Alicante). A escolha da melhor altura para semear e aplicação de tratamentos para acelerar a germinação podem ser vitais para assegurar uma germinação rápida; a eficácia destes tratamentos pode variar com as condições climáticas, podendo ser de grande interesse para as sementeiras realizadas no final do Outono. Em áreas críticas, dada a dificuldade das sementeiras em controlarem a erosão no 1º ano pós fogo, é necessário associar outras medidas de mitigação-reabilitação.</p>	<p>Um estudo em clima e floresta mediterrânicos de sementeiras + mulching (de madeira cortada vinda da poda da floresta) em que se usaram na mistura também sementes nativas mostrou que esta aumentou o coberto vegetal nos 2 anos após o fogo (valores de cobertura acima de 50%, face às parcelas não intervencionadas), <b>mas se aplicados separadamente a sementeira e o mulching não têm qualquer efeito na recuperação da vegetação</b>. Reduz muito a compactação do solo e aumenta a infiltração da água, reduzindo em muito, a erosão do solo, se for usada a combinação sementeira + mulching.</p>
<p><b>Reflorestação com floresta comercial de crescimento rápido</b> – o sucesso das exóticas deve-se à ausência de pragas específicas e ao seu carácter de flora pioneira; podem ter como riscos a inadaptação ou a agressividade extrema (exóticas invasoras). A reflorestação deve ser feita procurando mimetizar os processos naturais e afastando-se da abordagem artificial e mecanicista (estudo na Grécia com plantio de pinho de Alepo).</p>	<p>Na floresta mediterrânica as tentativas de introdução de carvalhos enfrentam mortalidades elevadas, e a introdução de espécies de etapas avançadas da evolução edáfica é uma técnica recente, donde até há pouco não havia muitas destas árvores em viveiro.</p>	<p>A preparação para reflorestação deve considerar os padrões de regeneração pós-fogo da vegetação espontânea e evitar processos que exijam movimentação do solo. Vários autores sugerem que uma cobertura mínima de 30% da área protege da erosão mas valores inferiores indiciam risco real de erosão</p>	<p>A reflorestação – qualquer seja o tipo de floresta/espécies envolvidas – deve ter em conta os padrões de regeneração pós-fogo da vegetação espontânea e evitar processos que exijam a movimentação do solo após o fogo.</p>
<p><b>Reflorestação - semeadura aérea</b> – a escolha da melhor altura para semear e a aplicação de tratamentos para acelerar a germinação podem ser vitais para assegurar uma germinação rápida (mas tal poderá ter riscos para as águas: poluição por fertilizantes, etc.); a eficácia destes tratamentos pode variar com as condições climáticas.</p>			<p>Para áreas vastas e de difícil acesso, num curto tempo e a baixos custos, e em zonas onde grandes quantidades do coberto vegetal desapareceu; tem sido muito usada em sementeiras de emergência pós-fogo e regeneração de áreas de corte de floresta.</p>
<p><b>Reflorestação – semeadura ou plantio mecânico</b> – A reflorestação (de todos os tipos) deve ser feita procurando mimetizar os processos naturais e afastando-se da abordagem artificial e mecanicista. O estudo SPOREAD sugere que face às perturbações da reflorestação tradicional se devam estudar alternativas à plantação (sementeira por via aérea ou manual).</p>	<p>Segundo o estudo SPREAD a reflorestação induz uma perturbação adicional na comunidade pós-fogo,</p>	<p>A sementeira por via aérea ou manual não mostrou ter mais sucesso do que o plantio mas os impactos são menores sobre as comunidades pós-fogo.</p>	

Acções	Condições para as quais as acções dão...		
	Resultado fraco	Resultado médio	Resultado bom
<b>Reflorestação - plantio manual</b> – para usar em zonas mais sensíveis onde a maquinaria pesada é desaconselhada; é processo caro gera muito pisoteio.	Não aconselhável em solos muito fragilizados e/ou topografias com grande erosão.		Para solos sensíveis ou topografias acentuadas.
<b>Reflorestação com floresta autóctone</b> – os métodos de sementeira ou plantio de vegetação autóctone deverão levar em conta a dimensão da área a intervencionar e a disponibilidade de irrigação; as plantas típicas da sucessão pós-fogo no geral surgem de per si dado que as sementes, bolbos, raízes e outras estruturas germinativas estão já no solo e podem ser activadas pelo calor, cinzas ou compostos químicos produzidos pelos fogos. Deve recolher-se informação sobre as características do local, incluindo a fauna e flora pré-fogo, o historial dos fogos, o tipo de solos, classes de declives, etc.	Algumas das árvores nativas são típicas de estádios mais avançados da evolução do ecossistema, pelo que são especialmente sensíveis aos factores bióticos e abióticos nas primeiras fases pós-fogo. Em declives acentuados pode haver dificuldades em manter as sementes (problema associado a todas as sementeiras, sejam ou não de espécies autóctones). A maioria da reflorestação faz-se com plantas germinadas em recipientes – técnica a usar em zonas críticas – o que é caro e tem grandes custos laborais mas é muito eficaz.	É difícil prever à priori o efeito de dada interacção planta-planta, devido às interacções abióticas e indirectas com outras espécies (incluindo a competição nos tempos de secura). O uso da interacção positiva entre plantas tem potencial promissor para o restauro de ecossistemas degradados. A cobertura das sementes (mulching) pode reduzir o consumo das sementes pelos pássaros, assim como a sua perda por arraste durante as chuvas.	Os locais com vegetação pré-existente podem ser favoráveis à introdução de espécies; certos arbustos do mato seco sub-mediterrânico facilitam o estabelecimento de plântulas de árvores de sucessão mais tardia. O controlo de herbáceas nos anos 1 a 3 é com frequência mais eficaz para a regeneração da vegetação do que a sua sementeira. Há mais sucesso se se aplicarem técnicas de estabilização do solo (controlo de erosão) no 1º ano e semear plantas nativas no 2º/3º ano.
<b>Reflorestação / Plantio escalonado de herbáceas, seguido de plantio de árvores</b> – de especial interesse em grandes áreas ardidas com severidade.			Dependendo do tipo de plantas usadas, pode ajudar a reter e a filtrar o escoamento superficial ou a reduzir o risco de fogos. A vegetação perene (herbáceas, árvores, arbustos rasteiros) reduzem a poluição da água, a taxa de escoamento, aumentam a filtração e impedem a erosão.
<b>Recuperação natural da floresta</b>			
<b>Paisagismo “à prova de fogo”</b> – inclui a conservação de árvores, viveiros de arbustos, cobertura vegetativa, terraceamento (para reduzir o escoamento superficial), estabilização de declives, criação de faixas herbáceas de filtração de água, lavra e cultivos segundo as linhas de contorno do terreno. Diques de infiltração e pavimentos permeáveis usam-se na envolvente urbana.			A arquitectura paisagística (em especial na envolvente urbana) tem grande importância no controle da vulnerabilidade aos fogos dos bens imóveis
<b>Protecção das áreas de regeneração natural</b>			
<b>Faixas de vegetação herbácea</b> – servem de filtro aos sedimentos antes de entrarem nos canais de escoamento superficial.			

Acções	Condições para as quais as acções dão...		
	Resultado fraco	Resultado médio	Resultado bom
<p><b>Mulching</b> – dá protecção imediata do solo e reduz os impactos devidos ao transporte de sedimentos e cheias, ao proteger o solo do impacto da chuva e reduzir o escoamento superficial, criar pequenas barreiras aos sedimentos, reduzir a erosão, compactação do solo e formação de sulcos; ajuda à maior retenção da humidade do solo, aumenta a infiltração, favorecendo a germinação das sementes (em especial nas zonas de climas mais quentes; não necessariamente nos climas frios). O mulching protege o solo logo após a aplicação e reduz a erosão no 1º ano pós-fogo. Alguns resíduos podem também servir como fonte de nutrientes mas outros podem gerar a imobilização temporária dos nutrientes no solo, o que pode ter impactos na qualidade das águas. Usado muitas vezes em conjugação com sementeiras de herbáceas para fornecer cobertura do solo em áreas críticas; nestas áreas as taxas de cobertura desejáveis devem ser de pelo menos 70%. Uma cobertura espessa do solo pode impedir o nascimento de vegetação competitiva face às árvores plantadas, e suprimir o aparecimento de certas infestantes. Tem como vantagem a fácil obtenção local de resíduos para as coberturas. Para avaliar o impacto desta medida na qualidade das águas é necessário obter dados de campo, a escalas temporais e espaciais variáveis, para determinar a eficácia real de cada tipo de cobertura do solo para os diferentes contaminantes da água associados aos fogos.</p>	<p>Se aplicados separadamente, a sementeira e o mulching não têm grande efeito na recuperação da vegetação. O sucesso da cobertura de solo depende da quantidade e intensidade das chuvas, tendo maus resultados perante eventos de tempestade ou em áreas de frequentes ventos fortes. O hidromulching se aplicado em larga escala por meios aéreos pode ser muito caro em comparação com outros métodos de cobertura do solo. Há a possibilidade do mulching inibir a germinação de espécies de vegetação nativa; o mulching pode introduzir espécies exóticas. Embora possa ser uma técnica eficaz de controlo da erosão é cara. A sua eficácia só ocorre se cobertura de solo permanecer no local de aplicação.</p>	<p>Reduz muito a compactação do solo e aumenta a infiltração da água, reduzindo muito a erosão do solo. Pode restringir-se a áreas de risco elevado de erosão, devido ao preço e logística da sua aplicação; nestas áreas é muito recomendada a introdução de sementes de espécies nativas, para melhorar a resiliência do ecossistema. A retenção do mulching pode ser melhorada pela incorporação no solo, adição de emulsão aderente ou colocação de pequenas árvores e ramos sobre os resíduos. Tem como vantagens a facilidade de obtenção local de resíduos. Estudos indicam uma redução da erosão no 1º ano pós-fogo em áreas tratadas mas nos anos subsequentes a redução era estatisticamente indistinta da erosão em áreas não tratadas.</p>	<p>É mais eficaz em declives suaves e áreas onde não ocorram ventos fortes. Em clima (e floresta) mediterrânico, a sementeira e mulching (com madeira cortada vinda da poda da floresta), em que se usaram na mistura sementes nativas aumenta o coberto vegetal nos 2 anos após o fogo (mais de 50% de valores de cobertura face às parcelas não intervencionadas). Os materiais orgânicos (papel, juta, palha, serradura, resíduos da floresta) são mais eficazes que os não orgânicos na retenção de partículas e humidade do solo; a aplicação de palha pode ser um dos tratamentos mais eficazes. O uso de resíduos florestais locais minimiza a introdução de invasoras e exóticas e pode ser muito eficaz na mitigação da erosão pós-fogo.</p>
<p><b>“Slash Spreading”</b> – cobertura do solo com material orgânico, com vista a interromper o impacto da chuva e manter o solo no lugar. É frequentemente utilizado para reabilitar corredores de fogo e linhas de aspersão de fogos.</p>	<p>O material necessita ser cortado de forma a fazer um bom contacto com o solo, só sendo eficiente se for mantido este bom contacto.</p>	<p>Pode aplicar-se também em áreas moderadamente ardidas onde há abundante material disponível para cobertura, em zonas a jusante de declives abruptos, intensamente ardidos ou em área de solos hidrofóbicos.</p>	<p>Pode usar-se, com bons resultados, em vertentes onde esteja presente vegetação morta.</p>
<p><b>Geotêxteis</b> – apenas a aplicar em zonas de solos particularmente instáveis, de muito alto risco de erosão e onde outras estratégias de controlo de erosão não sejam eficazes.</p>	<p>A cobertura total fornecida por alguns geotêxteis pode reduzir a instalação das plantas nativas.</p>	<p>Estes têm de ser ancorados com firmeza para poderem ser eficazes, em especial ao longo das margens de cursos de água.</p>	<p>Frequentemente usados em conjunto com sementeiras, em áreas de alto risco como grandes declives, zonas sobrejacentes a estradas e ao longo de margens de cursos de água.</p>
<p><b>Redes de juta</b> – aplicam-se, ancoradas ao solo, sobre palha ou outras coberturas de solo, para as impedir de serem arrastadas e danificadas pelo vento e chuvas. Reduzem a erosão e fornecem bom suporte para crescimento vegetativo.</p>	<p>Não devem usar-se em: (1) declives acentuados em solos arenosos, ou com muitas rochas aflorantes, ou com grande quantidade de vegetação queimada ainda no local, (2) o escoamento superficial seja elevado, (3) aplicação segundo as curvas de nível.</p>	<p>Usadas em áreas de potencial erosivo elevado nas proximidades de casas, estradas e pontes. Usado também em pequenas áreas muito perturbadas e de declives elevados.</p>	<p>Para a sua aplicação o solo deve ser razoavelmente aplanado e cada rolo de juta deve ser aplicado ao longo do declive.</p>

Acções	Condições para as quais as acções dão...		
	Resultado fraco	Resultado médio	Resultado bom
<b>Sacos de areia, terra ou cascalhos</b> – usados para estabilizar os solos, reter sedimentos e prevenir/impedir a erosão por redução do escoamento superficial. Estes sacos são com frequência colocados em fiadas irregulares, como se fossem substitutos dos troncos nas estruturas de contorno do declive (barreiras de troncos e ramos, etc.). Ao alterarem o fluxo da água promovem infiltração.	Não são adequados para aplicações em canais com forma em V. Podem desmoronar e libertar todo o sedimento acumulado.	Podem ser usada em áreas onde não existem árvores disponíveis para criar estruturas de retenção de escoamento	Usados em áreas declivosas e em pequenos canais de escoamento para controlar o fluxo de escoamento e/ou reter sedimentos; podem ser fornecidos com sementes para acelerar o processo de revegetação.
<b>Barreiras temporárias</b> – usadas para manter gado e veículos todo o terreno fora das áreas áridas e zonas de vegetação ripícola durante o período de recuperação.	Podem ser muito mal toleradas por pastores e restante população local.		
<b>Barreiras de siltes e materiais finos</b> – usadas para estabilizar os solos, reter sedimentos e evitar a erosão. São instaladas para reter sedimentos em pequenas depressões, pequenos sistemas de drenagem efémeros ou ao longo de declives onde fornecem uma capacidade de armazenamento temporária. Podem também ser instaladas para monitorizar o movimento dos sedimentos.	A sua instalação exige uma carga intensiva de mão-de-obra, pelo que só são utilizadas como medida de tratamento quando os outros métodos não são eficazes.	Podem durar anos antes de serem destruídas pelos raios UV (Robichaud and Brown, 1999).	Funcionam melhor em declives suaves mas podem ser eficazes em declives mais acentuados e rochosos, onde as barreiras à erosão construídas com troncos não conseguem obter um bom contacto com o solo.
<b>Barreiras de treliças de palha</b> – podem deter o escoamento superficial e/ou reduzir a sua velocidade, armazenar sedimentos e fornecer uma cama para a germinação das plantas.	Embora a rede dos rolos seja fotodegradável há preocupações de que possa persistir o tempo suficiente para se tornar um perigo para pequenos animais.		Boa alternativa em áreas áridas onde não existem troncos de madeira, são escassos ou mal conformados.
<b>Barreiras com rolos de erva</b> – o principal objectivo é quebrar a extensão do declive e reduzir as velocidades do fluxo concentrado. São barreiras permeáveis, usadas para deter o escoamento superficial o tempo bastante para reduzir a sua velocidade e reterem os sedimentos.	Não devem ser colocadas em sistemas de drenagem activos e/ou principais. algo baratas mas podem ser destruídas por animais, decompor-se ou incendiar-se. Embora a rede dos rolos seja fotodegradável pode persistir o suficiente para se tornar um perigo para pequenos animais.	Boa alternativa em áreas áridas onde não existem troncos de madeira, são escassos ou mal conformados.	Com um espaçamento e remate adequado das estruturas, podem fornecer uma boa retenção do escoamento. Têm sido usadas em pequenas redes de drenagem de 1ª ordem e pequenos declives para reter pequenas quantidades de sedimentos.
<b>Açudes de troncos</b> – estrutura temporária de controlo de fluxo “no canal”, de funções similares aos açudes de rolos de palha, usada para reduzir ou evitar as entradas de sedimentos em cursos de água perenes durante a primeira estação húmida a seguir ao fogo.	Exigem mais esforço e capacidade técnica de instalação do que os açudes de palha. Se falharem, a erosão habitualmente agrava-se. Instalação cara.		Duram mais tempo que os açudes de rolos de palha, têm uma alta eficácia e 15 a 30 anos de esperança de vida.
<b>Barreiras anti-erosão com toros e resíduos de solo ou vegetação</b> – agem como pequenas barreiras de retenção e controlo da erosão. São diques construídos com resíduos que ficaram no solo após o abate das árvores queimadas (ex.: pilhas de ramos irregulares, podendo ser agrupados de forma pouco coesa e ancorados ao solo só por algumas estacas verticais), que se colocam ao longo do declive em colunas e fiadas alternantes.	Quando o escoamento laminar se torna dominante, estas barreiras não retêm água ou sedimentos; quando o escoamento é concentrado, em especial após grandes chuvas, algumas barreiras podem ser destruídas.		



Acções	Condições para as quais as acções dão...		
	Resultado fraco	Resultado médio	Resultado bom
<p><b>Barreiras anti-erosão com toros de madeira</b> – são barreiras mecânicas ao fluxo da água, reduzem o transporte dos sedimentos e promovem infiltração, pois reduzem a velocidade da água, fragmentam fluxos concentrados, induzem uma irregularidade hidráulica nos declives ardidos e armazenam sedimentos. Exige o corte dos troncos ardidos ao longo dos declives e sua disposição ao longo das curvas de nível do declive (com os associados problemas devidos a este tipo massivo de intervenção), para que se obtenham bons resultados. As barreiras devem ser construídas logo após o fogo, antes das primeiras chuvas pós-fogo e a sua distribuição não deve ser regular para evitar a formação de padrões paralelos da vegetação e solos. As barreiras são uma biomassa morta e combustível, aumentando o risco de recorrência do fogo nos primeiros anos pós-fogo e podem funcionar como propagador do fogo; as pragas de bichos furadores da madeira têm nestas barreiras uma forma de se propagarem (é importante investigar os impactos ecológicos destas barreiras nas comunidades vegetais pós-fogo).</p>	<p>Exige vários grupos de trabalho, com forte presença humana na zona afectada; se se usarem troncos queimados, têm de ser cortados, o que pode agravar a erosão pela mobilização de maquinaria pesada. Estas barragens ocupam até 10% do terreno e criam padrão regular de solo descoberto seguido de zonas de solo de acumulação; nas zonas de acumulação atrás das barreiras a distribuição natural dos solos é substituída por um padrão regular artificial de solo original e solo de acumulação. A eficácia reduz-se ao longo do tempo (em função do enchimento da área de retenção atrás da barreira) e é diminuta para chuvas de grande intensidade, sendo sempre limitada onde a erosão e escoamento sejam elevados. São estruturas de longa duração donde os impactos da sua presença são prolongados no tempo.</p>	<p>A acumulação de material nas barreiras afecta os rebentos de lenhosas, com menos plantas a montante do que a jusante das barreiras, quer em zonas altas ou baixas das encostas. Têm alguma eficácia se: (a) a densidade e tamanho dos troncos se equipara à erosão expectável, (b) os troncos, bacias e barreiras estiverem adequadamente posicionados, (c) não ocorram tempestades de elevada intensidade. A colocação dos troncos perto do local onde foram cortados reduz o pisoteio e erosão/degradação associada. A distância entre troncos deve ser estudada para reduzir a área de ocupação destas estruturas na zona ardida.</p>	<p>Pode ser eficaz em precipitações de intensidade baixa a moderada. Bom sistema de controlo do escoamento e cheias. As herbáceas anuais têm uma boa resposta a esta intervenção. Fornece protecção tempestade a tempestade durante o 1º ano pós-fogo. São estruturas de longa duração, o que pode significar um controlo prolongado da erosão.</p>
<p><b>Açudes de rolos de palhas</b> – usados para reduzir ou evitar as entradas de sedimentos em cursos de água perenes durante a primeira estação húmida a seguir ao fogo. São estruturas temporárias de controlo de fluxo “no canal”. Reduzem a velocidade da água e retêm o escoamento superficial com forte carga sedimentar, o tempo suficiente para os sedimentos mais grosseiros serem depositados atrás dos açudes. A redução da velocidade da água reduz o ravinamento a jusante nos canais efémeros de escoamento.</p>	<p>Deterioram-se devido ao clima, fluxo no canal ou por acção do gado e animais selvagens. Tendem a sofrer rupturas em grandes tempestades; a ruptura pode ocorrer também se os açudes estão mal construídos ou colocados em locais onde não podem conter o escoamento. A ruptura destes açudes por “piping” por baixo ou entre os rolos, ou o solapamento do rolo central é superior a 10%.</p>	<p>Usados em locais onde não há materiais disponíveis para construir outro tipo de açudes. A área de drenagem deve ser sempre inferior a 8 ha, os caudais não devem exceder 0.3 m<sup>3</sup>/sec e os rolos devem ser removidos quando a profundidade do sedimento a montante do açude tem metade da altura do rolo. Os rolos habitualmente duram menos de 3 meses,</p>	<p>São baratas, fáceis de instalar e eficazes a reterem sedimentos.</p>
<p><b>Açudes de treliças de palha</b> – retêm sedimentos nos declives e topos das linhas de água de escoamento efémero, ao reduzirem o gradiente dos canais, sendo projectados para reduzir a quantidade de sedimentos que entra nos cursos de água.</p>	<p>Não devem ser colocados em canais de primeira ordem ou sistemas de drenagem de maior importância devido às altas taxas de colapso. Assoreiam totalmente durante as primeiras tempestades, donde têm curta eficácia e podem rebentar durante elevados caudais de ponta; a sua utilidade é assim de curta duração.</p>	<p>Quanto mais próximos forem instalados uns dos outros mais eficazes são na retenção de sedimentos. As treliças habitualmente têm um curto tempo de duração.</p>	<p>Facilmente postos em contacto íntimo com o solo, fornecem uma barreira de baixo risco às movimentações do solo. São mais eficazes nas vertentes suaves que em declives mui acentuados. As treliças podem ser usadas de forma muito eficaz em combinação com os açudes de rolos de palha.</p>

Acções	Condições para as quais as acções dão...		
	Resultado fraco	Resultado médio	Resultado bom
<b>Açudes de troncos dispostos ao longo da topografia</b> – são barreiras mecânicas ao fluxo da água, reduzem o transporte dos sedimentos e promovem infiltração, pois reduzem a velocidade da água, fragmentam fluxos concentrados, induzem uma irregularidade hidráulica nos declives ardidos e armazenam sedimentos. Tendo alguns dos mesmos problemas da metodologia anterior, foi inicialmente projectada para funcionar como as trincheiras ao longo das curvas de nível, com o objectivo de deter e infiltrar o escoamento superficial de uma tempestade padrão. Solos rochosos, pouco profundos e irregulares são problemáticos para a ancoragem destas estruturas, que só funcionam sem falhas se estiverem muito bem ancoradas. Declives abertamente rochosos e muito inclinados devem ser evitados pois os benefícios da intervenção são eliminados face ao tempo extra de instalação e à limitada capacidade para reter o escoamento ou estabilizar pequenas quantidades de solo.	Nalguns casos estas barreiras enchem de sedimento logo após os primeiros eventos de tempestade. Devido às suas pequenas dimensões a vida eficaz destas estruturas é no máximo apenas alguns anos. Em solos altamente erosivos (ex.: granitos, depósitos glaciares) a carga erosiva mobilizada pode aniquilar pequenos açudes. Açudes mal dimensionados e/ou mal planificados, com amplos espaçamentos, podem concentrar o escoamento e provocar danos maiores do que se não houvesse intervenção. Em áreas de pluviosidade elevada este método pode ser impraticável.	O volume de sedimento armazenável depende dos declives, localização e dimensão dos açudes, dimensão dos troncos e grau em que estes são correctamente empilhados e ancorados ao solo. Se a capacidade de armazenamento for excedida, a estrutura reduz o comprimento do declive, reduzindo o fluxo concentrado e o movimento dos sedimentos. A disponibilidade dum número adequado de troncos direitos limita a aplicação deste método.	Estas estruturas têm maior eficácia em declives mais suaves e solos de textura mais fina (excepto se argilosos). A localização ao longo das curvas de nível é vital e a eliminação de prolongados percursos de fluxo por meio de “degraus de tijolos” fornece eficácia adicional a estas estruturas.
<b>Estruturas de retenção nas linhas de água</b> – modificam o movimento dos sedimentos e água em canais efémeros ou de 1ª ordem, previnem cheias e torrentes de detritos. Algumas estruturas são colocadas nos canais para abrandar o fluxo de água e reter os sedimentos, que mais tarde serão gradualmente libertados à medida que as estruturas se degradam.	Os tratamentos sobre os canais de escoamento necessitam de ser conjugados com intervenções nas vertentes para serem eficientes.		
<b>Estabilizadores de gradiente construídos com troncos</b> – o seu objectivo é muito semelhante aos dos açudes de troncos (ou toros de madeira), mas a ênfase é a de estabilizar o gradiente do canal em vez de reter sedimentos.	Nalguns locais pode não haver material adequado para a sua construção. Tendem a não funcionar para caudais elevados.	Numerosos estabilizadores de pequena dimensão são preferíveis a poucos e de maiores dimensões.	Funcionam para fluxos baixos a moderados.
<b>Estabilizadores de gradiente construídos com rochas</b> – funcionam do mesmo modo que os estabilizadores de gradiente com troncos. A eficácia é controlada por: (1) uso de rochas suficientemente grandes para resistirem ao transporte durante os eventos de escoamento, (2) colocação de filtros no lado de montante da estrutura, para reter sedimentos e resíduos orgânicos.			
<b>Enrocamento de margens e dos canais de escoamento</b> – para impedir a erosão das margens e dos fundos dos canais durante os eventos de escoamento. O sucesso depende da adequada dimensão dos materiais, uso de geotêxteis e de dissipadores de energia.	Devem ser evitados em áreas de forte declive.		
<b>Derrube de resíduos para o curso de água</b> – destina-se a substituir o material lenhoso nas linhas de água que haja sido consumido pelo fogo; devem reter sedimentos e resíduos orgânicos e deter temporariamente, ou abrandar, o escoamento devido às tempestades.		O material lenhoso derrubado para os cursos de água irá alterar o gradiente do canal, provocar a deposição de sedimentos e a agradação deste.	Os resíduos lenhosos presentes nos cursos de água foram claramente relacionados com o melhoramento dos habitats para os peixes.

Acções	Condições para as quais as acções dão...		
	Resultado fraco	Resultado médio	Resultado bom
<b>Bacias de recepção de detritos</b> – para controlar o escoamento e reduzir a deterioração da qualidade da água e proteger vidas humanas e propriedades. São projectadas para armazenar fluxos de escoamento e os sedimentos arrastados; frequentemente servem de prevenção de inundações e do açoreamento por sedimentos a jusante da área intervencionada.	Apesar de fornecer uma protecção imediata, a sua construção é extremamente cara e exige manutenção anual durante todo o seu tempo de vida. Tem de ter canal de escoamento para libertar com segurança fluxos superiores à capacidade projectada de armazenamento; o canal a jusante deve ser revestido para evitar o solapamento. Para funcionarem têm de reter pelo menos 50% do fluxo.	São habitualmente projectadas para reter 50 a 70% dos fluxos esperados e preferencialmente 70 a 80% dos fluxos de retorno de 100 anos. A manutenção é um factor fundamental na eficácia destas estruturas. Para funcionarem adequadamente ao longo do tempo exigem limpeza periódica dos sedimentos acumulados.	Construídas em sistemas de drenagem que em condições normais transportam grandes cargas de sedimentos
<b>Limpeza do canal do curso de água</b> – destina-se a impedir que grandes objectos sejam mobilizados em fluxos de massa cheias, e também para impedir a criação de açudes de resíduos, os quais podem originar cheias relâmpago ou aumentar as alturas de cheia e os picos de escoamento.			Impede que troncos e outros grandes objectos sejam mobilizados por fluxos de arraste de massa ou cheias.
<b>Gabiões e açudes de rochas</b> – usados em linhas de água de funcionamento intermitente ou perene mas de pequeno caudal, para substituir grandes resíduos lenhosos que hajam sido consumidos pelo fogo, com vista a estabilizar o canal mais do que reter dos sedimentos. São estruturas semi-permanentes. Há pouca informação sobre a sua real eficácia.	A sua construção depende da existência em quantidades adequadas de rochas com os tamanhos correctos. Requerem limpeza periódica para manter a sua eficácia. São estruturas relativamente caras. A maioria dos colapsos ocorre quando construídas em secções muito declivosas de linhas de água efémeras ou cursos de água permanente de 1ª ou 2ª ordem. Tendem a não funcionar para caudais elevados.	Estabilizam o declive e reduzem as velocidades do escoamento o suficiente para remover os sedimentos mais grosseiros. Funcionam para caudais baixos e moderados.	Quando adequadamente projectadas e instaladas são capazes de reduzir as cargas sedimentares e parar os ravina mentos. Podem reduzir a carga sedimentar a mais de 60% e usar-se em conjunto com tratamentos vegetativos para reduzir a erosão (até 80%) e a carga de sedimentos em suspensão (até 95%). Duram muitas vezes o bastante para reterem sedimentos finos suficientes para gerar micro-habitats propiciadores da vegetação ripícola. Bons resultados em gradientes suaves
<b>Escarificação e “ripping”</b> – tratamentos mecânicos do solo, destinados a melhorar as taxas de infiltração em solos hidrofóbicos. Não está ainda suficientemente estudado se, ao promover a infiltração, não se estará a abrir caminho para alguns poluentes atingirem mais facilmente os aquíferos	Solos pouco profundos, afloramentos rochosos, declives acentuados, redes de drenagem muito encaixadas, solos de textura fina, e uma elevada densidade de árvores criam problemas significativos ao uso desta técnica.	Tractores e outra maquinaria podem ser utilizados em declives de 20% ou inferiores.	Podem aumentar a macroporosidade pela fragmentação de solos densos ou hidrofóbicos, aumentando a infiltração no solo. Podem ainda fornecer camas para sementeira ou plantio, melhorando as taxas de germinação. Funciona melhor em solos profundos, de textura grosseira, com declives < 30% e baixa densidade de vegetação lenhosa. É eficaz em estradas, trilhos e quebra-fogos com declives < 35%.

Acções	Condições para as quais as acções dão...		
	Resultado fraco	Resultado médio	Resultado bom
<a href="#">Lavras perpendiculares ao declive dos terrenos</a> – melhora o arejamento do solo e cria microrelevos que auxiliam no controle da erosão.			
<a href="#">Terraços e pequenos terraços de troncos</a> – são barreiras mecânicas ao fluxo da água, com vista à redução do transporte dos sedimentos e à promoção da infiltração, pois reduzem a velocidade da água, fragmentam os fluxos concentrados, induzem irregularidades hidráulica nos declives ardi-dos e armazenam sedimentos; paralelamente canalizam para a infiltração o escoamento superficial retido.	Devido às suas reduzidas dimensões, a vi-da eficaz destas estruturas, será no só de alguns anos. Em solos altamente erosivos (ex.: granitos ou depósitos glaciares) pode ser mobilizado tanto sedimento que anula a acção dos terraços. Em áreas de pluviosidade elevada pode ser impraticável. Declives rochosos e muito inclinados devem ser evitados porque os benefícios são reduzi-dos face ao tempo extra de instalação e limitada capacidade para reter o escoamento ou estabilizar pequenas quantidades de solo.	Tem de existir disponível um número adequado de troncos direitos. Exige o corte dos troncos e sua colocação ao longo das curvas de nível do declive (com os problemas deste tipo intenso de intervenção). Solos pouco profun-dos, rochosos e irregulares são proble-máticos para a ancoragem das estru-turas, as quais só funcionam bem se bem ancoradas. Se mal dimensiona-das, com espaçamento amplo entre si podem concentrar escoamento e criar danos superiores à não intervenção.	Declives suaves e solos de textura fina (excepto solos argilosos) permitem uma melhor instalação das estruturas e mais eficácia no controlo do escoamento. A localização ao longo das curvas de nível é vital para a sua eficácia. Se a capacidade de armazenamento for excedida, a estrutura fornece o benefício secundário de reduzir o comprimento do declive, afectando o fluxo concentrado e o movimento dos sedi-mentos.
<a href="#">Trincheiras ao longo das curvas de nível e terraceamentos</a> – reduz erosão, retém sedimentos, aumenta a infiltração e permite a revegetação. As trin-cheiras de grande escala são projectadas para deter totalmente o escoamento de uma tempestade padrão, sendo a largura e profundidade depen-dentes das características da tempestade, tipo de solo e declive. Pequenas trincheiras exteriores podem ser construídas em declives inferiores a 30%; para declives superiores têm de se construir trincheiras interiores. Podem ser construídas com maquinaria (trincheiras profundas) ou manualmente (no geral pouco profundas). Quando é usado equipamento pesado pode criar-se uma considerável perturbação do solo e problemas imediatos de erosão; os problemas de erosão podem também ocorrer vários anos mais tarde, quando o escoamento ravinar estas estruturas. Os terraços e trinchei-ras são usados frequentemente em conjunção com outras técnicas como as sementeiras.	São eficazes mas tem impactos visuais na paisagem, especialmente elevados quando usadas em áreas desnudas, podendo ser visíveis várias décadas após a sua instala-ção (se de grandes dimensões). Os solos graníticos não suportam bem estas estru-turas; os solos argilosos tornam-se plásticos na presença da água e em topografia alvo de deslizamentos podem activar rupturas do terreno. Quando pouco profundas e aber-tas manualmente, tendem a desaparecer à medida que assoreiam e se cobrem de ve-getação. Não afectam os picos de escoamento das chuvas de longa duração e baixa densidade.	Trincheiras de pequena dimensão são usadas para quebrar a superfície das vertentes, abrandar o escoamento, permitir a infiltração e reter sedimen-tos. Embora aumentem as taxas de infiltração, a quantidade de infiltração depende do tipo de solos e geologia do local (DeByle 1970). Exigem um mínimo de 1,2 m de espessura de solo para uma construção adequada.	Técnica tradicional e universalmente utilizada para controlar a erosão em áreas de grande declive, quer tenham sido ou não sujeitas a fogos. Funcio-nam melhor em solos francos grossei-ros. As trincheiras ao longo das curvas de nível podem ser eficazes na altera-ção da resposta hidrológica a tempes-tades intensas e de curta duração, típicas das trovoadas de Verão.

Acções	Condições para as quais as acções dão...		
	Resultado fraco	Resultado médio	Resultado bom
<b>Recolha de madeira ardida</b> – faz-se para aproveitar o valor comercial da madeira antes do seu apodrecimento, reduzir a carga de material combustível e evitar a eclosão de pragas de insectos perfuradores da madeira.	Pequena influência na recuperação da vegetação e consequências muito negativas quando os resíduos do corte foram empilhados e queimados nas encostas. Taxas de erosão aumentadas devido ao corte das lenhas; a abertura de caminhos sem medidas de conservação e sem drenagem pode tornar-se grande fonte de erosão; como estes trilhos tendem a intersectar linhas de drenagem, transforma-se em colectores do escoamento, aumentando a sua concentração. Há compactação dos solos devido à movimentação das máquinas. Há dúvidas sobre a eficácia desta medida pois se a preservação das árvores ardidas pode favorecer as pragas de insectos furadores de madeiras e estendê-las às áreas não ardidas, são as árvores menos afectadas pelo fogo as mais vulneráveis a tais pragas.	Nalguns estudos é referido que não há consequências devidas ao corte pós-fogo na densidade e morfologia dos novos pinheiros mas o risco da formação de sulcos de erosão varia entre moderado a elevado. A remoção de grande parte da madeira ardida pode modificar bastante a sucessão vegetal e animal, a ecologia dos rios e o ciclo de nutrientes. Para minorar a erosão associada à abertura de trilhos, estes precisam de ter um cuidado planeamento e conservação, e definir o mais correcto calendário de extracção das madeiras, pois a data de intervenção pode afectar as taxas de erosão. A prática complementar de criar barreiras de ramos necessita de estudos antes de ser aplicada.	O corte intensivo e de larga escala pós-fogo deve ser substituído por práticas ecológicas adaptadas aos locais, evitando áreas sensíveis e queimas de resíduos do corte, criando mosaico de zonas de corte e zonas sem corte, mantendo as valências estruturais e ecológicas da madeira queimada, e acompanhar a gestão adaptativa com sistema de monitorização.
<b>Criação de estruturas promotoras da infiltração</b>	A incorrecta implementação destas estruturas e os eventos de precipitação extremos podem causar a sua ruptura, gerando escorrência concentrada e sulcos de erosão.		Podem ser úteis nas zonas semi-áridas mediterrânicas para assegurar um maior abastecimento de água às plantas e promover maior infiltração.
<b>Estruturas de intercepção em pequena escala</b> – outras pequenas estruturas (pequenas barragens de betão) usadas para controlar e reduzir o escoamento superficial.			Muito usadas em países semi-áridos, em linhas de água torrenciais (para evitar os riscos de cheia).
<b>Correcção do solo</b> – correcção por fertilizantes inorgânicos, correcção física por hidrogel (aumenta a capacidade de retenção de água pelo solo), correcção química por biossólidos (lamas de águas residuais) e fertilizantes orgânicos (promovem a actividade microbiana, aumentam a capacidade de retenção da água e a infiltração). podem contaminar as águas de superfície e em especial as subterrâneas.	Em solos em forte défice com água o hidrogel pode absorvê-la a tal ponto que não fique disponível para as árvores plantadas; em solos margosos e argilosos as argilas retiram a água do hidrogel, reduzindo a sua eficácia. Os biossólidos aumentam a salinidade e as lamas semi-líquidas podem afectar propriedades físicas do solo pela secagem das lamas; as lamas de águas residuais podem constituir potencial risco de poluição das águas subterrâneas.	Os biossólidos funcionam como fertilizantes de libertação lenta mas se houver poluição, o seu efeito é mais prolongado no tempo. O seu bom uso exige definir as quantidades óptimas de aplicação em função das condições da área de aplicação, pois de outro modo podem contaminar o meio hídrico subterrâneo e superficial. O sucesso desta técnica depende do ambiente local e fisiologia das espécies plantadas.	Parece haver redução da mortalidade das árvores plantadas, com o uso de fertilizantes inorgânicos, mas o seu sucesso depende do local e da espécie plantada. O hidrogel resulta melhor em solos arenosos.

Acções	Condições para as quais as acções dão...		
	Resultado fraco	Resultado médio	Resultado bom
Estruturas de intercepção em pequena escala – rolos de palha ancorados nos solos e pequenas barreiras de troncos individuais de árvores.	Podem gerar compactação do solo por mor da maquinaria e pisoteio na área ardida, com aumento de erosão e escoamento; ocupam até 10% do terreno e criam um padrão regular artificial dos solos: solo descoberto seguido por zonas de solo de acumulação. Duram muitos anos, podendo afectar o padrão de distribuição das espécies nas zonas em recuperação; são biomassa seca, aumentando o risco de fogo nos primeiros anos; podem funcionar como propagador do fogo; as pragas de bichos furadores da madeira encontram refúgio e expandem-se a partir destas barreiras.	As distâncias entre barreiras dependem da inclinação da vertente. As barreiras devem ser construídas logo após o fogo e antes das primeiras chuvas pós-fogo, a sua distribuição deve ser irregular para evitar a formação de padrões repetidos paralelos da vegetação e solos. A colocação dos troncos perto do local onde foram cortados reduz o pisoteio e a erosão a ele associada; a distância entre troncos deve ser avaliada para reduzir a área de ocupação da zona ardida por estas estruturas.	Os rolos de palha reduzem, em conjunto com bioturbação pós-fogo e pequenas represas de resíduos a distância potencial de transporte por escoamento superficial; boa eficácia em áreas de fogos de baixa a moderada severidade (Shakesby <i>et al.</i> 2007). As barragens de madeira com melhores resultados nas zonas mais elevadas das encostas são formadas por barreiras de ramos; nas zonas intermédias ou de declive mais acentuado são formadas por barreiras de troncos caídos).