

Estudo de Avaliação do Risco de Aluviões na Ilha da Madeira - Fase 2

Nota técnica A4

Plano de desenvolvimento do sistema
regional de monitorização e alerta da
ocorrência de aluviões

Dezembro de 2017



Plano de desenvolvimento do sistema regional de monitorização e alerta da ocorrência de aluviões

Ficha do documento	
Projecto	Estudo de Avaliação do Risco de Aluviões na Ilha da Madeira - Fase 2
Coordenação	António Betâmio da Almeida (IST), Rodrigo Proença de Oliveira (IST), Paulo França (UMa)
Cliente	Governo Regional da Madeira / Direcção-Regional de Infra-estruturas e equipamentos
Documento	Nota Técnica A4. Plano de desenvolvimento do sistema regional de monitorização e alerta da ocorrência de aluviões.
Autores	Rodrigo Proença de Oliveira
Data	Dezembro de 2017
Versão	Versão para divulgação pública



Plano de desenvolvimento do sistema regional de monitorização e alerta da ocorrência de aluviões

Índice de texto

Índice de texto.....	v
Índice de quadros.....	vi
Índice de figuras.....	vi
1 Enquadramento	2
2 Introdução.....	3
3 O sistema de previsão e alerta.....	3
4 Atividades a desenvolver	6
4.1 Operacionalização da rede de monitorização da precipitação para efeitos de alerta	6
4.2 Operacionalização do radar meteorológico.....	6
4.3 Desenvolvimento dos processos de previsão da precipitação.....	6
4.4 Monitorização das ribeiras e calibração dos modelos hidrológicos e hidráulico.....	7
4.5 Operacionalização dos modelos para previsão em tempo real das aluviões	8
4.6 Melhoria dos critérios de desencadeamento de deslizamentos	8
5 Cronograma	9
6 Considerações finais.....	9

Índice de quadros

Quadro 1 – Melhorias na modelação numérica meteorológicas previstas pelo IPMA.....	7
------------------------------------------------------------------------------------	---

Índice de figuras

Figura 1 – Proposta de arquitetura do sistema de previsão e alerta de aluviões.....	5
Figura 2 – Proposta de cronograma geral.....	10

Plano de desenvolvimento do sistema regional de monitorização e alerta da ocorrência de aluviões

1 Enquadramento

Este documento foi produzido no âmbito da 2ª fase do Estudo de Avaliação do Risco de Aluviões na Ilha da Madeira (EARAM2), um projeto desenvolvido para o Governo Regional da Madeira por um consórcio constituído pelo Instituto Superior Técnico (IST), pela Associação para o Desenvolvimento do IST (ADIST) e pela Universidade da Madeira (UMa).

O EARAM2 vem na sequência da 1ª fase do Estudo de Avaliação do Risco de Aluviões na Ilha da Madeira, lançado pela Secretaria Regional do Equipamento Social da Região Autónoma da Madeira (SRES) após o acontecimento hidrológico ocorrido em 20 de fevereiro de 2010. Os trabalhos da referida 1ª Fase decorreram entre 1 de maio e 31 de dezembro de 2010 e tiveram os seguintes objetivos gerais:

- Caracterização fenomenológica do evento de 20 de fevereiro;
- Avaliação dos riscos associados às aluviões na Ilha da Madeira;
- Estabelecimento de princípios gerais de orientação das intervenções de prevenção e proteção.

O âmbito geográfico desta 1ª fase compreendeu a área abrangida pelas bacias hidrográficas mais afetadas pelo evento de 20 de fevereiro de 2010: as bacias das ribeiras de João Gomes, Santa Luzia e São João, do Concelho do Funchal, e as bacias das ribeiras da Ribeira Brava e Tabua, do Concelho da Ribeira Brava.

A descrição dos estudos efetuados, as principais conclusões obtidas e os princípios orientadores propostos foram apresentados no Relatório Final (dezembro de 2010), no Relatório-Síntese (novembro de 2010) e no relatório com os Princípios Orientadores (agosto de 2010).

O EARAM2 complementa os trabalhos da 1ª fase do projeto e tem os seguintes objetivos estratégicos:

- Aprofundar o conhecimento sobre o fenómeno dos aluviões, melhorar a metodologia para avaliação do risco e contribuir para a implementação da Diretiva da EU sobre cheias e inundações (Diretiva 2007/60/CE) à Região Autónoma da Madeira;
- Estender a avaliação do risco a toda a ilha da Madeira;
- Conceber o sistema de previsão e aviso de aluviões;
- Avaliar os condicionamentos sociais na prevenção do risco de aluviões
- Desenvolver ações de divulgação pública e de formação sobre este tipo de risco.

Este documento é um dos produtos intermédios do EARAM2 e tem por principal objetivo a partilha de informação entre os elementos da equipa IST/UMa e dos vários organismos da administração regional que acompanham o projeto. Pode ser objeto de revisão e atualização frequente e deve, por isso, ser lido como documento de trabalho. A versão final do documento será integrada no relatório final do projeto.

2 Introdução

As condições da ilha da Madeira proporcionam a ocorrência de cheias repentinas associadas ao transporte de quantidades significativas de material sólido. Este fenómeno denominado por aluvião tem vindo a ser estudado no âmbito das duas fases do projeto EARAM (Estudo de Avaliação do Risco de Aluviões na Ilha da Madeira).

A gestão deste risco natural pode ser conseguida através de medidas de controlo da exposição ao risco, nomeadamente através ações de ordenamento do território e de construção de infraestruturas de proteção que, conjuntamente, assegurem a localização das pessoas e dos bens em zonas de risco baixo ou protegidas. A identificação, planeamento e orçamentação das medidas concretas que devem ser executadas em cada bacia hidrográfica deverá ser definido no quadro do Plano de Gestão do Risco de Inundações (PGRI), uma obrigação decorrente da diretiva nº 2007/60/CE, transposta para o direito nacional através do Decreto-Lei nº 115/2010, de 22 de outubro.

As particularidades das bacias hidrográficas madeirenses e do povoamento da ilha condicionam fortemente as opções disponíveis e a seleção final das medidas a incluir nos PGRI. Em concreto, as medidas de desocupação e de restauração das planícies aluvionares ou de inundação controlada de certas zonas têm uma aplicabilidade inferior à desejável, devido à escassez de terrenos propícios à ocupação humana. Por outro lado, a opção por soluções estruturais de controlo do escoamento e de proteção contra as inundações tem custos económicos, ambientais e sociais que limitam a sua aplicação de forma generalizada.

Neste contexto, a sensibilização da população para este risco natural e a operação de sistemas de previsão e de alerta assumem um papel muito relevante na disponibilização de níveis de proteção adequados, que as restantes medidas não têm a possibilidade de oferecer.

A natureza repentina, rápida e de conteúdo de material sólido das aluviões madeirenses coloca, no entanto, desafios muito particulares na conceção de um sistema de previsão e alerta. O relatório A3 deste projeto discute estes constrangimentos e propõe uma arquitetura que os procura ultrapassar. O presente relatório apresenta um cronograma para concretizar esse sistema.

3 O sistema de previsão e alerta

A Figura 1 apresenta uma primeira proposta para a arquitetura do sistema de previsão e alerta de aluviões. A leitura da figura deve ser realizada de cima para baixo com a recolha

de dados sobre precipitação, com a corrida de modelos matemáticos e com a aplicação de outros instrumentos de previsão até à emissão dos alertas.

A componente do sistema de previsão da precipitação inicia-se a recolha de informação de redes de monitorização (A), radar meteorológico (B) e modelos de previsão meteorológica (C). O cruzamento e o processamento destas fontes de informação deverão produzir, com uma antecedência de algumas horas, mapas de precipitação horária prevista para um horizonte de 12 a 24 horas, com uma resolução espacial da ordem de 1x1 km. Recomenda-se que esta tarefa fique alocada ao IPMA.

As projeções de precipitação são confrontadas com critérios de pré-estabelecidos de definição dos limiares de deslizamentos de vertentes para identificar níveis de alerta (H). Estes critérios foram desenvolvidos pelo IST no âmbito do EARAM2 e relacionam níveis de alerta com valores acumulados de precipitação e valores de precipitação num período recente. Não sendo incluída nestes critérios qualquer informação sobre geomorfologia, solo ou vegetação, os níveis de alerta identificados são apenas função da precipitação. No entanto, o cruzamento de dessa informação com o mapa de zonas com potencial para o deslizamento (J), em elaboração pelo IST a partir da análise conjunta de imagens de satélite e de outra informação geográfica (I), permite espacializar os alertas em função da geomorfologia, solo e vegetação do terreno e estimar os volumes de material sólido afluentes às linhas de água. O LREC deverá assumir a responsabilidade pela operacionalização e manutenção destes processos, com base nos elementos produzidos pelo EARAM2.

O cálculo das zonas inundadas e afetadas é realizado por um modelo de simulação hidráulica bifásica que as calcula a partir das previsões da precipitação e de afluência de caudal sólido (K). Esse modelo foi desenvolvido pelo IST e é objeto de atualização e melhoria permanente. A sua operação exige meios computacionais e conhecimentos específicos, pelo que será necessário encontrar um modo de funcionamento adequado.

O LREC deverá interpretar os resultados do modelo e emitir o alerta ao Serviço Regional de Proteção Civil (L) que se encarregará de avisar a população afetada, acompanhar a situação de emergência e mobilizar os meios de socorro (M).

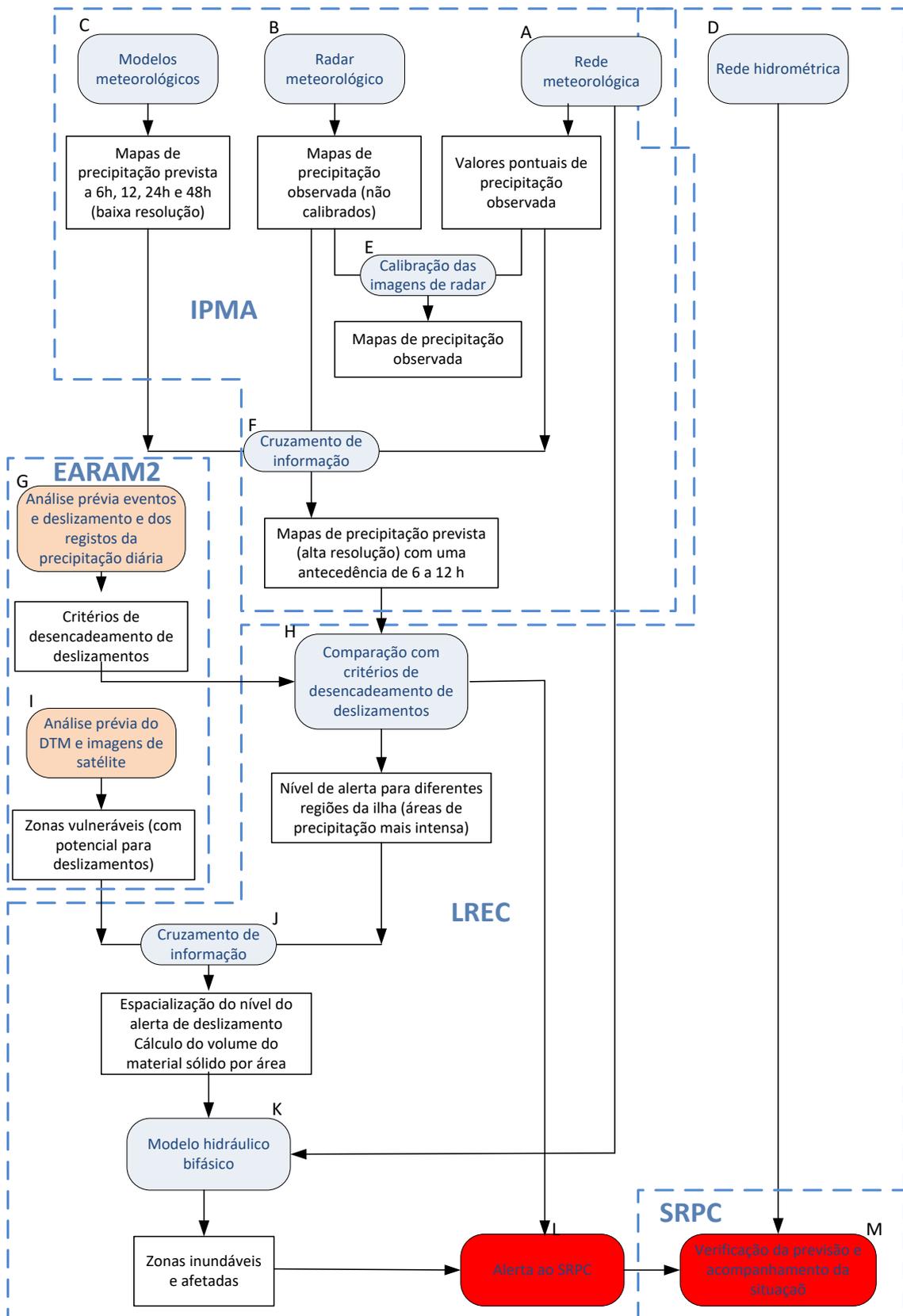


Figura 1 – Proposta de arquitetura do sistema de previsão e alerta de aluviões

4 Atividades a desenvolver

4.1 Operacionalização da rede de monitorização da precipitação para efeitos de alerta

No âmbito da implementação do sistema de previsão e alerta de aluviões será necessário rever as redes de monitorização da precipitação que pertencem ao IGA, LREC e IPMA e selecionar as estações que devem ser incluídas na rede de alerta. As estações selecionadas devem proporcionar uma boa cobertura da ilha e devem estar equipadas com mecanismos de teletransmissão de dados. Esta rede tem também de possuir um grau de redundância para assegurar o funcionamento, em cada momento, de um conjunto adequado de estações. A cada estação da rede de alerta é necessário atribuir um nível de operacionalidade que determina o tempo de reposição do seu funcionamento, em caso de avaria.

A definição da rede de alerta deve ser realizada pelo LREC, em coordenação com a IGA e IPMA. Parte deste trabalho já está em curso, no âmbito do projeto MonitorizaRibeiras.

4.2 Operacionalização do radar meteorológico

O radar meteorológico está a ser instalado no Pico Espigão, na ilha de Porto Santo, prevendo-se que esteja operacional, em regime experimental, no final de 2017. Esta instalação permitirá melhorar a qualidade dos serviços meteorológicos, proporcionando uma visão da distribuição espacial da precipitação e podendo contribuir para a sua previsão a curto prazo.

Após a instalação do radar será necessário calibrá-lo e desenvolver os processos de correção automática dos resultados do radar com os dados obtidos nas estações no terreno para produzir previsões melhoradas da distribuição da precipitação. É ainda necessário definir procedimentos de calibração alternativos para o caso de falha de uma ou mais de estações udométricas.

A instalação, calibração e operação do radar meteorológico está a cargo do IPMA.

4.3 Desenvolvimento dos processos de previsão da precipitação

Os curtos tempos de resposta à precipitação das bacias hidrográficas das ribeiras da Madeira recomendam que se faça uso de previsões da precipitação para aumentar o tempo disponível entre o alerta e a ocorrência da aluvião. Os mapas da precipitação prevista devem possuir uma resolução espacial da ordem de um ou dois km e devem ser disponibilizados com uma antecedência de 6 a 12 horas, em relação à ocorrência de precipitação.

Estas previsões podem basear-se nos resultados de modelos computacionais utilizados pelos serviços meteorológicos de todo o mundo ou na análise do deslocamento da superfície de precipitação detetada pelo radar meteorológico.

O IPMA tem previsto um conjunto de melhorias dos sistemas de previsão meteorológica que utiliza, que são baseados no modelo AROME. O Quadro 1 apresenta as melhorias na

modelação numérica meteorológicas que se prevê que venham a acontecer até finais de 2019.

Quadro 1 – Melhorias na modelação numérica meteorológicas previstas pelo IPMA

Data	Período de previsão	Discretização temporal da previsão	Resolução espacial	Notas
Actual	48 h cada 12 horas		2,5 x 2,5 km	
2017	48 h cada 6 horas	1 hora	2,5 x 2,5 km	
2018	30/36 h cada 6 horas	30 min a 1 hora	1,3 x 1,3 km	
2019	48 h cada 3 ou 6 h	30 min a 1 hora	2,5 x 2,5 km	Com assimilação dos dados de radar

Em paralelo deverá proceder-se a uma análise da dinâmica das superfícies de precipitação detetadas pelo radar para verificar se existe potencial para poder oferecer previsões de precipitação. O algoritmo para produzir este tipo de previsão deverá ser objeto de investigação e desenvolvimento, logo que o radar esteja instalado, calibrado e operacional. Esta tarefa pode ser realizada por uma equipa externa de investigação, com o acompanhamento do IPMA e do LREC.

4.4 Monitorização das ribeiras e calibração dos modelos hidrológicos e hidráulico

No âmbito do projeto *MonitorizaRibeiras*, o LREC está a testar um conjunto de tecnologias inovadoras que ultrapassem os problemas da monitorização *in situ* do caudal líquido e do transporte sólido das ribeiras, concretamente a destruição das estações de monitorização durante a ocorrência de aluviões, entre outros.

A operação, em regime experimental, de 4 estações permite avaliar e seleccionar as melhores metodologias para medição do caudal e do transporte sólido. Pretende-se, numa fase posterior, instalar as metodologias seleccionadas noutros locais, criando assim uma rede operacional de monitorização hidrométrica.

As medições entretanto realizadas permitirão aferir os resultados e melhorar o desempenho dos modelos hidrológicos e hidráulicos inseridos no sistema de previsão e alerta de aluviões. Em situações de emergência, as estações de monitorização permitirão também acompanhar o desenrolar dos acontecimentos em secções críticas da rede hidrográfica.

4.5 Operacionalização dos modelos para previsão em tempo real das aluviões

A previsão das aluviões a partir de previsões da precipitação é a principal funcionalidade do sistema de previsão e alerta. A complexidade dos processos de transformação da precipitação em escoamento líquido e transporte sólido associado recomenda que sejam utilizados vários modelos, de diferente complexidade e desempenho. Esta opção permite dispor rapidamente de capacidade de previsão, sendo a qualidade desta previsão melhorada ao longo do tempo. Permite também comparar os resultados dos vários modelos e dispor de alguma redundância, caso um dos modelos falhe durante a ocorrência de uma emergência.

Estes modelos foram já desenvolvidos ou testados no âmbito do EARAM, sendo agora necessário operacionalizar a sua aplicação. Para isso é necessário calibrá-los para as várias bacias hidrográficas, integrá-los com os processos de previsão da precipitação e de ocorrência de deslizamentos e aperfeiçoar algumas das suas rotinas.

O modelo de aplicação mais expedita é baseado nos sistemas de simulação HEC-HMS e HEC-RAS, já instalados no LREC no âmbito do EARAM. Estes modelos não têm em consideração o transporte sólido, mas a sua maior simplicidade permite a sua utilização em todas as bacias hidrográficas. Numa primeira fase os modelos poderão correr com cenários de precipitação ou com previsões grosseiras, baseadas nos resultados já disponibilizados pelos modelos de previsão meteorológica. A instalação atualmente existente no LREC apenas permite a simulação off-line, com uma grande intervenção humana. Para que sejam úteis numa situação de emergência será necessário automatizar muitos dos processos de recolha e processamento de dados e resultados.

Numa segunda fase será possível associar esses modelos às previsões mais rigorosas da precipitação e aperfeiçoá-los para, de alguma forma, terem em conta o transporte de material sólido, mesmo que de forma aproximada.

O terceiro tipo de modelo é um modelo hidráulico bifásico desenvolvido pelo IST que foi testado em várias bacias hidrográficas da Madeira. Este modelo simula, de forma integrada, o escoamento líquido e o transporte do material sólido ao longo da rede hidrográfica, permitindo determinar as áreas afetadas pelas aluviões, nomeadamente as áreas sujeitas a erosão e as áreas de deposição do material sólido. Para a sua operacionalização será necessário definir a melhor forma de proporcionar ao LREC a capacidade de obter os resultados do modelo, em situação de emergência, tendo em conta as previsões de precipitação e as estimativas de material sólido afluente à rede hidrográfica.

4.6 Melhoria dos critérios de desencadeamento de deslizamentos

No âmbito do EARAM foi desenvolvida uma metodologia que, em função da precipitação e das condições no terreno, permite identificar o nível de risco para a ocorrência de deslizamentos e estimar a quantidade de material sólido disponibilizado por esses deslizamentos. A falta de dados impediu a afinação dessa metodologia, nomeadamente para regiões fora das ribeiras do Funchal.

Neste quadro a metodologia proposta no EARAM deverá ser implementada, mantendo-se em paralelo uma campanha de recolha de dados que permita no futuro melhorar os critérios propostos.

5 Cronograma

A Figura 2 apresenta uma proposta de desenvolvimento de atividades para três anos. Durante este período será criada uma capacidade de previsão e alerta de aluviões num processo faseado, em que a qualidade e robustez do sistema são melhoradas à medida que se desenrolam os trabalhos previstos e se ganha experiência na operação do sistema.

6 Considerações finais

O relatório A3 do EARAM2 propõe uma arquitetura do sistema de previsão e alerta de aluviões da ilha da Madeira, estabelecendo as responsabilidades de cada instituição com competência sobre este assunto. Este relatório propõe um cronograma para a sua concretização.

Estes dois relatórios foram executados pelo IST, sendo agora importante que as propostas avançadas nestes documentos sejam analisadas e discutidas por todas as entidades envolvidas. Definida a arquitetura do sistema, a distribuição de responsabilidades e calendarização geral de atividades, deverá ser desenvolvido um plano de implementação, com cronograma e orçamento associado.

	2017 T3	2017 T4	2018 T1	2018 T2	2018 T3	2018 T4	2019 T1	2019 T2	2019 T3	2019 T4	2020 T1	2020 T2
Operacionalização da rede de monitorização da precipitação para fins de alerta												
Seleção das estações												
Revisão do equipamento das estações; instalação de telemetria												
Operacionalização do radar meteorológico												
Instalação do radar												
Calibração do radar												
Desenvolvimento dos processos de previsão da precipitação												
Desenvolvimento dos processos de previsão da precipitação - Fase 1												
Desenvolvimento dos processos de previsão da precipitação - Fase 2												
Desenvolvimento dos processos de previsão da precipitação - Fase 3												
Monitorização das ribeiras e calibração dos modelos hidrológicos e hidráulico												
Monitorização experimental do caudal e do transporte sólido												
Operacionalização da rede de monitorização hidrométrica												
Calibração do modelo hidrológico												
Calibração do modelo hidráulico												
Operacionalização dos modelos para previsão em tempo real das aluviões												
Operacionalização do modelo 1												
Operacionalização do modelo 2												
Operacionalização do modelo 3												
Melhoria dos critérios de desencadeamento de deslizamentos												
Monitorização e melhoria dos critérios de desencadeamento dos deslizamentos												
Implementação dos critérios												

Figura 2 – Proposta de cronograma geral