

Apresentação

José Rio Fernandes

Paisagens multifuncionais e alterações dos usos do solo no Noroeste de Portugal

Carlos Delgado

Delimitação de perímetros de inundação através de Métodos Convencionais e de Modelos Hidrológico-Hidráulicos (Hec-Ras).

Inês Marafuz

Sustainable Livelihood Security as an important factor for Food Security in the Context of Extreme Flood Events

Ravindra Ratan

A zona de falha Verín-Régua-Penacova: estado atual do conhecimento geomorfológico e novos desafios de interpretação

Hugo Teixeira

CADERNOS

**CURSO
DE DOUTORAMENTO
EM GEOGRAFIA**

FLUP

CURSO DE DOUTORAMENTO EM GEOGRAFIA

CADERNOS

5

CADERNOS CURSO DE
DOUTORAMENTO EM
GEOGRAFIA ***FLUP*** | ***2013***

1647-6506
5 | MARÇO | 2013

CADERNOS

CURSO
DE DOUTORAMENTO
EM GEOGRAFIA

UNIVERSIDADE DO PORTO

Título: Cadernos de Doutoramento em Geografia

Organizador: José Rio Fernandes

Edição: Faculdade de Letras da Universidade do Porto

ISSN: 1647-6506

Depósito Legal: 358965 / 13

Impressão e Acabamento: Gráfica Firmeza, Lda.

Maio 2013

Índice

Apresentação

José Rio Fernandes 6

Paisagens multifuncionais e alterações dos usos do solo no Noroeste de Portugal

Carlos Delgado 10

Delimitação de perímetros de inundação através de Métodos Convencionais e de Modelos Hidrológico-Hidráulicos (Hec-Ras).

Inês Marafuz 41

Sustainable Livelihood Security as an important factor for Food Security in the Context of Extreme Flood Events

Ravindra Ratan 56

A zona de falha Verín-Régua-Penacova: estado atual do conhecimento geomorfológico e novos desafios de interpretação

Hugo Teixeira 82

Apresentação

Ao garantir a divulgação de textos de iniciação à investigação, a Comissão Científica do Curso de Doutoramento em Geografia da Faculdade de Letras da Universidade do Porto concretiza uma de várias formas de promoção e incentivo à aprendizagem que tem vindo a perseguir desde a primeira edição, iniciada em Setembro de 2007.

Os textos que se publicam nos “Cadernos” resultam de uma exigência colocada a quem frequenta o curso, após a aprovação na parte letiva e o seu projeto de tese. São apresentados na sequência de um ciclo de debates que, sob a designação de “Geografia aos Sábados”, permitiram o encontro de cada um dos estudantes com um seu convidado e o orientador, promovendo com todos os presentes a discussão de questões associadas à investigação que pretendem ser desenvolvida em tese de doutoramento.

Infelizmente o número de textos – quatro – é o mais exíguo dos que foram reunidos em edições dos Cadernos publicados. Este facto resulta de dificuldades na gestão do tempo. Mas, o menor número de textos reflete também a dificuldade acrescida que significa para muitos conseguir articular trabalho e estudo, ou, sem trabalho, encontrar os meios financeiros necessários para o estudo, donde a diminuição da quantidade de inscritos, mais no segundo ano que no primeiro, com a maioria dos que se inscrevem e não interrompem o seu curso a optar pelo regime de tempo parcial, o que limita a disponibilidade para a aprendizagem e leva nalguns casos a optar por adiar a publicação dos artigos.

Os textos aqui reunidos revelam o que pode ser visto com uma mudança significativa, marcada por uma diminuição do estudo como complemento de trabalho e a tese como retorno à aprendizagem e à escrita científica, por troca com uma dominância do

Doutoramento como continuidade imediata à obtenção de Mestrado e a manutenção de ligações do Doutoramento com investigação científica fundamental ou aplicada, pelo menos parcialmente financiada. Outro sinal dos tempos é a crescente internacionalização, que não apenas povoa o curso nas sessões ministradas por docentes e investigadores de várias origens (com destaque para o Brasil), como o preenche de novos estudantes selecionados pelo programa Erasmus Mundus, colocando dificuldades e vantagens no encontro de línguas, culturas e conhecimentos.

Como habitualmente, o conjunto de textos é apresentado sequencialmente de acordo com a ordem alfabética dos apelidos dos autores e deverá servir de mostra dos interesses de investigação.

Carlos Delgado aborda a paisagem, velho objeto de estudo científico que durante um determinado período e num certo contexto foi mesmo visto como contribuindo decisivo para a identificação e afirmação da Geografia. Depois de tempos de desvalorização, ou porventura apenas de esquecimento, as preocupações com a paisagem estão de volta (há já alguns anos, diga-se) e não apenas pela mão da Geografia. Sobre ela têm vindo a ganhar nova força perspectivas variadas, raras vezes centradas no estudo da relação entre homem e natureza para a explicação de especificidades locais ou regionais. No caso do texto que abre o nº 4 dos Cadernos, a paisagem é ponto de partida (e chegada) de um artigo que pretende contribuir para a reflexão sobre a ruralidade e o desenvolvimento de base territorial, a propósito da plurifuncionalidade dos espaços. Tratam-se em particular as alterações dos usos do solo ocorridas de 1990 e 2007 na “bacia leiteira primária” de Entre-Douro-e-Minho, área fortemente urbanizada (a partir de pequenos núcleos e manchas extensas e pouco densas mais recentes), mas que deixa livres solos de forte aptidão agrícola, onde se pratica uma agricultura intensiva, mecanizada e especializada na produção de leite, onde se verifica uma forte concentração de explorações agrícolas e existe uma indústria agroalimentar dinâmica e competitiva.

Tal como em relação à paisagem, também as questões associadas à hidrografia, sem serem novidade, têm estado pouco presentes nos estudos de doutoramento em

Geografia realizados nos últimos anos na Faculdade de Letras da Universidade do Porto. Inês Marafuz centra a sua atenção na hidrografia, abordando a circulação da água a partir da preocupação com a ocorrência de cheias, considerando tratar-se de um risco natural recorrente e de difícil previsão, e defendendo a sua importância no ordenamento do território, tendo em vista prevenir e mitigar os seus efeitos nefastos. Centra-se no estudo comparativo de metodologias para a delimitação de perímetros de inundação, tendo em vista comparar vantagens e limitações, assim como as necessidades que requerem, em especial quanto aos equipamentos e dados de base, transparecendo preocupação adequadas por parte de quem inicia o seu projeto de investigação.

Embora a questão dos riscos naturais – incluindo cheias – esteja presente no artigo de Ravindra Rattan, somos transportados por ele para outro tipo de abordagem e para um contexto geográfico diverso. O tema estruturante é o da vulnerabilidade alimentar a desastres naturais e há uma importante consideração das características de fragilidade dos 22 países e territórios arquipelágicos situados no Oceano Pacífico, sendo o caso de estudo o de Nadi, na área ocidental de Viti Levu das Ilhas Fiji. Com o seu texto, Ravindra Rattan pretende não apenas dar conta da vulnerabilidade de uma pequena cidade turística, como fundamentar a adaptação a mudanças climáticas e prevenção e gestão de riscos nas políticas nacionais, incluindo a possibilidade de apoio à migração e fixação de populações.

Se os textos anteriores relacionam a Geografia com várias disciplinas das ciências sociais, assim como com outras normalmente “arrumadas” no grupo das ciências da natureza ou da Terra, no caso de Hugo Teixeira a ligação com as últimas e em particular com a Geologia é especialmente evidente. Por outro lado, trata-se de um texto que se centra na revisão da literatura do que é referido como geomorfologia tectónica. Após uma exploração das principais obras científicas que abordam o estudo da geomorfologia, da (neo) tectónica, da geologia e da sismicidade, aplicadas à zona de falha Verin-Régua-Penacova, são realçadas as ideias produzidas por De Vicente & Vegas (2009), relativamente às principais estruturas tectónicas da Península Ibérica e é apresentado um mapa de enquadramento morfotectónico e geológico da área de incidência da pesquisa,

considerando a organização morfológica do relevo, as nascentes hidrotermais e a sismicidade no arranque do projeto de investigação para tese de doutoramento.

8 de Janeiro de 2013

Pela Comissão Científica

O Coordenador do Curso de Doutoramento em Geografia da FLUP

José Alberto Vieira Rio Fernandes

Carlos Delgado¹

Paisagens multifuncionais e alterações dos usos do solo no Noroeste de Portugal

Resumo

O presente artigo sintetiza os grandes conceitos inerentes à multifuncionalidade das paisagens, realça a importância das suas múltiplas funções na estruturação dos territórios, e destaca o papel fundamental desempenhado pela mudança dos usos e da ocupação do solo enquanto “força motriz” das dinâmicas de transformação da paisagem.

A abordagem metodológica consistiu na análise dos usos do solo, entre 1990 e 2007, na “bacia leiteira primária” de Entre-Douro-e-Minho, localizada no Noroeste de Portugal e na esfera de influência da Área Metropolitana do Porto. Esta região constitui uma área de forte aptidão agrícola, e é caracterizada por uma agricultura intensiva, mecanizada e especializada na produção de leite, por uma forte concentração de explorações agrícolas, e pela existência duma indústria agro-alimentar dinâmica e competitiva.

Palavras-chave: Paisagem; Multifuncionalidade; Funções de paisagem; Uso e ocupação do solo; Sistemas de Informação Geográfica (SIG).

¹ cfsdelgado@gmail.com

Abstract

The present paper synthesizes the main concepts inherent to landscape multifunctionality, highlights the importance of their multiple functions in the structuring of the territories, and focuses the key role played by land use/land cover changes as "driving forces" of landscape transformation dynamics.

The methodological approach consisted in the analysis of land use, between 1990 and 2007, in the "dairy region" of Entre-Douro-e-Minho, located in the Northwestern Portugal and around the Porto Metropolitan Area. This area has a high agricultural potential, and is characterized by its intensive and mechanized farming, specialized in milk production, and by a high concentration of farms, and by the existence of a competitive and dynamic agri-food industry.

Keywords: Landscape; Multifunctionality; Landscape functions; Land use/Land cover; Geographic Information Systems (GIS).

1. Introdução

O estudo das paisagens tem aumentado consideravelmente nas primeiras décadas do século XXI. Existe uma constatação generalizada de que as paisagens estão cada vez mais vulneráveis face às grandes mudanças provocadas por cinco tipos de "forças motrizes": socioeconómicas, políticas, tecnológicas, naturais e culturais (Bürgi *et al.*, 2004: 859). Destas, destaca-se o processo contínuo de urbanização (Antrop, 2004: 9), e as alterações introduzidas nos sistemas agrícolas (intensificação, especialização, concentração, conversão e abandono) (Pedroli *et al.*, 2006: 427; Pinto-Correia, 2006).

O conceito de multifuncionalidade da agricultura e da paisagem, lançado pela Agenda 21, decorrente da Conferência das Nações Unidas para o Meio Ambiente e o Desenvolvimento (“Conferência do Rio”, 1992), tem sido determinante na estruturação mais recente dos territórios, pois deixou de ser a única actividade de suporte da economia rural (Renting *et al.*, 2009: 112; Pinto-Correia, 2007: 68; Pinto-Correia e Breman, 2009: 144), e tem adquirido um papel relevante nos debates científicos e políticos acerca do futuro do desenvolvimento agrícola e rural.

A perspectiva multifuncional permite a integração de uma grande variedade de novas funções (não somente agrícolas), que se interligam: a produção alimentar e a gestão dos espaços rurais; a geração de empregos e de rendimentos; a contribuição para o aumento das qualidades ambientais; a saúde e bem-estar (humano e animal); as imagens identitárias da ruralidade; ou a gestão dos recursos naturais.

A gestão multifuncional e sustentável dos territórios assenta, assim, numa combinação de funções complementares à produção, e passaram a abranger o Ambiente, a Natureza, a Paisagem, a Cultura, a Saúde e a Qualidade de Vida (Vereijken, 2002: 179; Wilson, 2007; Huylenbroeck *et al.*, 2007; Renting *et al.*; 2009: 112) – Figura 1

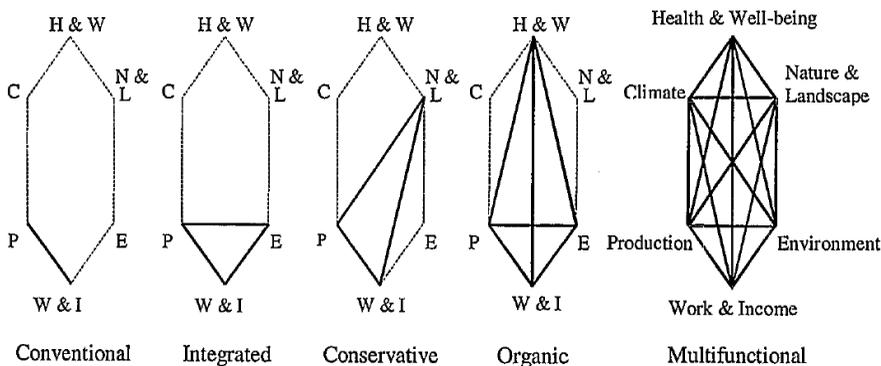


Figura 1 – Diferentes concepções da agricultura e da integração das suas funções (Vereijken *et al.*, 2002: 172).

Esta mudança de paradigma tem aumentado a diversidade, a complexidade e a heterogeneidade dos territórios, que adoptam distintos modos de apropriação, que oscilam entre três “pilares” fundamentais: a *produção*, o *consumo* (desses mesmos territórios e paisagens) e a *protecção* (Holmes, 2008: 212) – Figura 2.

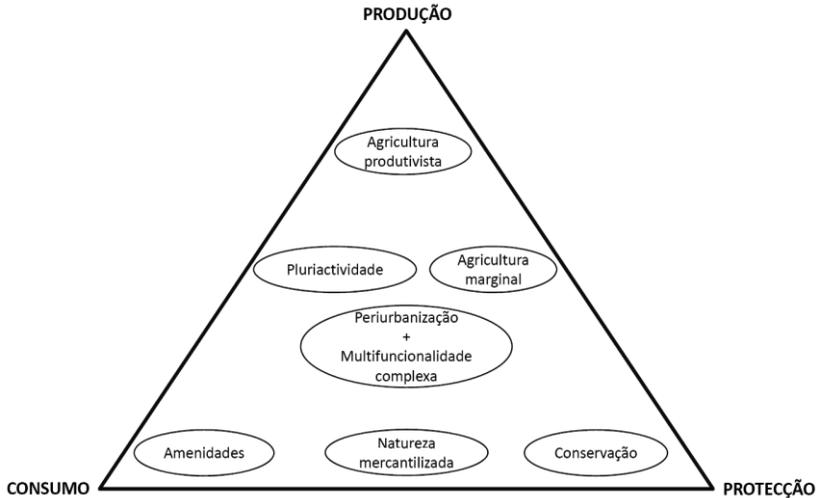


Figura 2 – Modos de apropriação e gestão dos espaços rurais (adaptado de Holmes, 2008: 213).

Destacam-se os conceitos “funções de paisagem” e “serviços de ecossistema”. O *Millenium Ecosystem Assessment* (2003) definiu-os como sendo os benefícios gerados pelos ecossistemas, e que estão na base da qualidade de vida do ser humano (saúde, segurança, bem-estar) – Figura 3. Tais serviços podem ser de *aprovisionamento* (água, alimentação, combustível, fibras, recursos genéticos, etc.), de *regulação* (climática, hidrológica, sanitária, etc.), ou *culturais* (turismo e lazer; valorização estética e espiritual, educação, sentido de pertença, património histórico-arqueológico, etc.) (Hermann *et al.*, 2011: 5). Rudolf de Groot (2006: 177-178) distingue funções de *regulação*, de *habitat*, de *produção*, de *informação* e de *suporte*, integrando três tipos de valores: *ecológico*, *sociocultural* e *económico* (Figura 4). Estes identificam-se com as noções de “capital natural”, “capital social” e “capital económico” (Antrop, 2006a: 191-192).

Gómez Sal e González Garcia (2007: 84) categorizam as “funções de agro-ecossistemas” em cinco dimensões: *económica, social, produtiva, cultural e ecológica*. As paisagens também são geradoras de “amenidades” ou “externalidades” (*non commodity outputs*), na abordagem da OCDE (2001) (*apud Wiggering et al., 2006: 241; Pinto-Correia, 2007: 68; Pinto-Correia e Breman, 2009: 144*). Estas funções, que também se identificam com “funções dos usos do solo” (*land functions*) foram recentemente sistematizadas por Silva (2011).

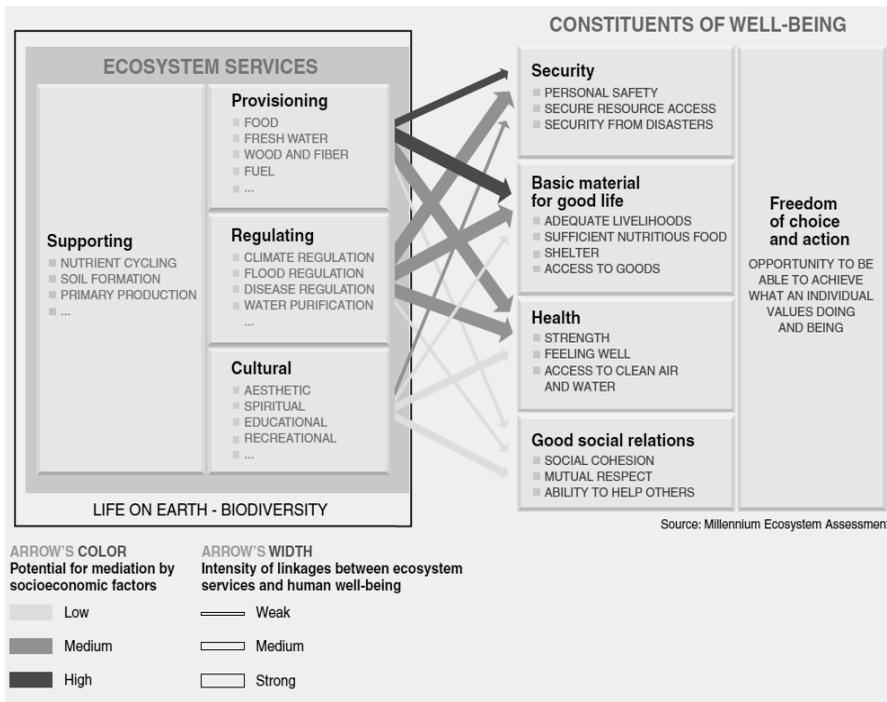


Figura 3 – Os serviços dos ecossistemas a montante do bem-estar humano (*Millennium Ecosystem Assessment, 2005: 50*).

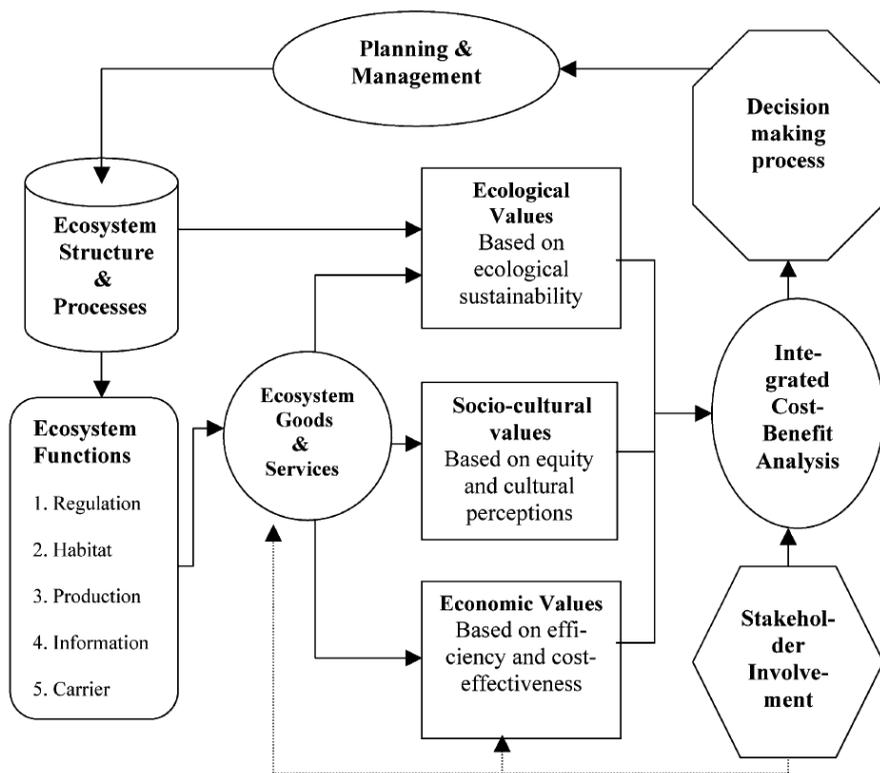


Figura 4 – O papel da análise e avaliação das funções da paisagem (ou dos ecossistemas) no processo de planeamento, gestão e decisão (de Groot, 2006: 177).

A heterogeneidade espacial das diferentes características da paisagem determina diferentes intensidades e interações de funções da paisagem, que podem revelar-se conflituantes, sinérgicas ou meramente compatíveis entre si (Willemsen *et al.*, 2010: 63).

A multifuncionalidade dos usos e funções tem sido objecto de estudo, principalmente no que toca à caracterização, descrição ou avaliação (qualitativa e/ou quantitativa) da

paisagem, a diferentes escalas. Destacam-se, a nível europeu, os projectos *SENSOR*², *MEA-Scope*³, *Multiagri*, *Seamless*⁴, *Eururalis*⁵ ou o *PLUREL*⁶. Rossing *et al.* (2007) compararam alguns modelos utilizados em França, na Alemanha e Holanda. Groot *et al.* (2009) analisaram três metodologias de modelação da agricultura funcional (*CLUE-S*, *Landscape IMAGES*, e *Co-Viability Analysis*). Outros exemplos mais específicos: Gómez Sal e González Garcia (2007) utilizaram um modelo multi-dimensional para avaliar sistemas agrícolas em Espanha; Fleskens *et al.* (2009) desenvolveram um esquema de avaliação de funções de agro-ecossistemas em áreas de olival, em Trás-os-Montes; Willemen (2010) incidiu claramente na cartografia e modelação de paisagens multifuncionais.

Em Portugal, o tema da multifuncionalidade da paisagem tem merecido a atenção de vários autores: destaque-se, a título de exemplo, o estudo sobre a multifuncionalidade em Óbidos (Oliveira *et al.*, 2008), e as investigações sobre as percepções, preferências e usos divergentes das funções da paisagem no “montado” alentejano, inclusivamente com o estabelecimento de um *Índice de Adequação de Funções*⁷ (Surová *et al.*, 2011; Pinto-Correia e Carvalho-Ribeiro, 2012). Recentemente, as *Orientações para a implementação da Convenção Europeia da Paisagem no Âmbito Municipal* (DGOTDU), salientam «o estudo da multifuncionalidade [...] como um passo misto de análise e diagnóstico, podendo fornecer pistas importantes para as opções estratégicas e gestão futura» (Cancela d’Abreu *et al.*, 2011: 40) - Figura 5.

² *Sustainability Impact Assessment: Tools for environmental, social and economic effects of multifunctional land use in European Regions* (Disponível em: <http://www.ip-sensor.org/>).

³ *Micro-economic instruments for impact assessment of multifunctional agriculture to implement the Model of European Agriculture* (Disponível em: <http://www.mea-scope.org/>).

⁴ *System for Environmental and Agricultural Modelling: Linking European Science and Society* (Disponível em: <http://www.seamless-ip.org/>).

⁵ Disponível em: <http://www.eururalis.eu/>.

⁶ *Peri-urban Land Use Relationships - Strategies and Sustainability Assessment Tools for Urban-Rural Linkages* (Disponível em: <http://www.plurel.net/>).

⁷ *Index of Function Suitability* (IFS).

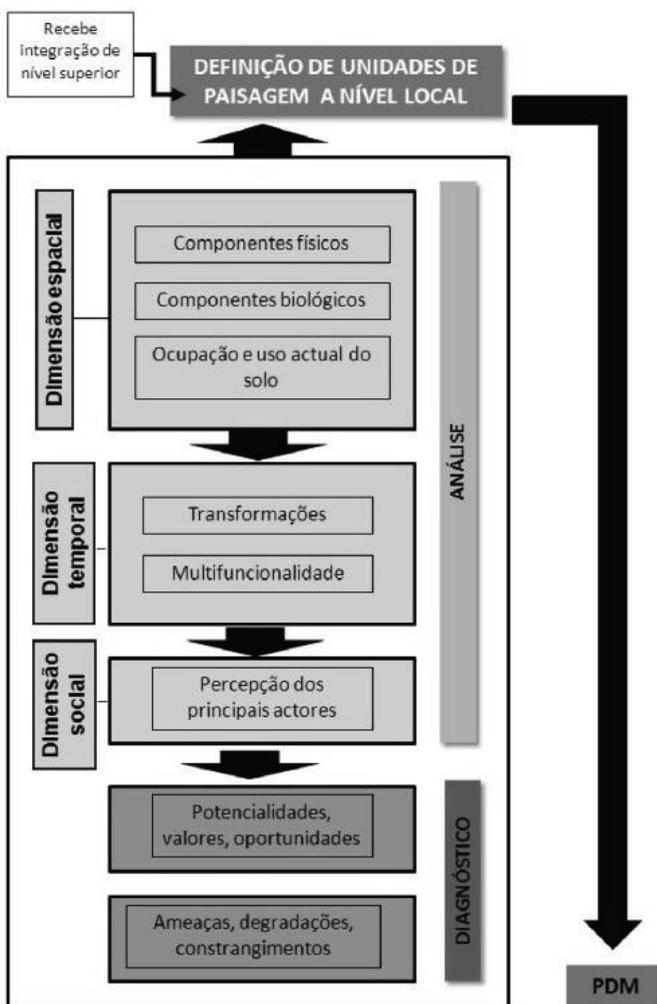


Figura 5 – Componentes da paisagem a considerar no processo de elaboração e revisão dos PDM (Cancela d’Abreu *et al.*, 2011: 41).

As paisagens são, por natureza, dinâmicas, pela acção combinada da natureza e do ser humano, estando sujeitas a transformações que decorrem “da sua vitalidade e da sua

identidade física e biológica”, que “é tanto mais intensa quanto mais intensa é a pressão de uso que sobre ela se exerce” (Fadigas, 2007: 134).

Os factores que influenciam os processos na trajectória evolucionária das paisagens são considerados “forças motrizes” (*driving forces*). Estas forças, independentes, autónomas e externas, afectam directa ou indirectamente um dado sistema, e tanto podem ser necessárias para manter o seu funcionamento em equilíbrio, como podem causar, temporária ou permanentemente, alterações no seu estado (Klijn, 2004: 202).

Segundo Brandt *et al.* (1999: 82), existem cinco grandes factores que determinam as dinâmicas de alteração da paisagem e dos usos do solo: socioeconómicos, políticos, tecnológicos, naturais e culturais (Figura 6).

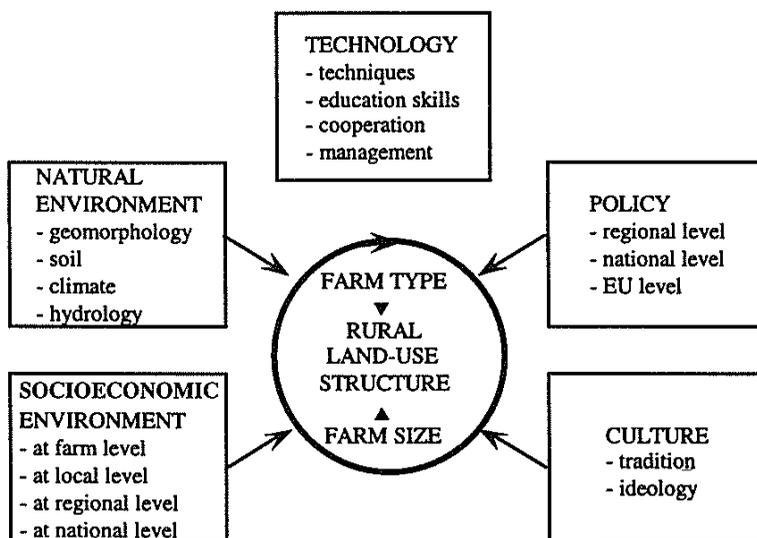


Figura 6 – Factores (“forças motrizes”) que determinam as dinâmicas de alteração da paisagem e dos usos do solo (Brandt *et al.*, 1999: 82).

As forças motrizes podem categorizar-se em diferentes domínios: a) pela sua *escala* (espacial, temporal ou institucional); b) pelo seu grau de *causalidade* (forças primárias,

secundárias ou terciárias); pela sua *situação* (forças intrínsecas ou extrínsecas) ou pela sua forma de *desencadeamento* (forças intencionais ou acidentais) (Bürgi *et al.*, 2004: 859).

Das várias forças que mais pressionam e determinam a mudança na composição e estrutura das paisagens (em particular das rurais), destacam-se as mudanças nos padrões de uso e ocupação do solo (Stachow *et al.*, 2003; Klijn, 2004: 206). Tal é claramente posto em evidência pelos seguintes autores:

«(...) land-use change is one of the major factors affecting global environmental change (...). (...) Today, the study of causes, processes, and consequences of land-use and land-cover change is one of the main research topics of landscape ecology (...) and is also relevant for ecology (...).» (Bürgi *et al.*, 2004: 857); ou

«[...] land cover, being a determinant and also the most dynamic component of the landscape, is still the most relevant aspect for the diversity of non-commodity functions that society now places in the rural space.» (Pinto-Correia e Breman, 2009: 145)

A compreensão das dinâmicas dos usos do solo, e do modo como estas afectam e se relacionam com as múltiplas funções da paisagem, torna-se, pois, a base de partida e um pré-requisito para uma melhor caracterização das paisagens, e uma optimização das múltiplas funções nelas existentes. (Wiggering *et al.*, 2006: 240).

Por outro lado, dentre essas forças motrizes de alteração da paisagem, salienta-se o papel fundamental desempenhado pelos intensos processos de *urbanização* ocorridos nas últimas décadas:

«(...) urbanization is no longer typical for the growth of cities or towns only but it influences the processes in the rural countryside as well. The actual changes of landscapes are induced by urbanization processes such as residential or industrial land development and new communication infrastructures. (...) These changes are characterized by a generalized homogenization of the existing traditional landscape diversity and the creation of largely chaotic patterns. (...) New forms of land use are

not ecologically related any more with the land and the place (...)» (Antrop, 2004: 10)

A identificação, caracterização e análise integrada e holística das paisagens (Antrop, 2000; Antrop, 2006b) revela-se fundamental para o processo de monitorização e avaliação das políticas de ordenamento do território, no sentido de se alcançarem os objectivos de qualidade enunciados pela *Convenção Europeia da Paisagem* (2000), nomeadamente a sua protecção, gestão e ordenamento. Tal análise torna-se ainda mais pertinente quando se verificam, actualmente, dinâmicas de mudança ambiental, social e económica (alterações climáticas, envelhecimento demográfico e despovoamento, segurança alimentar, crise económica, fluxos migratórios “neo-rurais”, neo-productivismo, etc.) que colocam novos desafios, e exigem novas estratégias de gestão das paisagens (*European Commission*, 2009).

2. Metodologia e resultados

2.1. Justificação da área de estudo: a “bacia leiteira” de Entre-Douro-e-Minho

Em Portugal, o processo de urbanização (mais acentuado, no mundo ocidental, desde a transição para a 2.^a metade do séc. XX), sentiu-se sobretudo a partir de meados da década de 1970, assumindo diferentes ritmos e intensidades, particularmente em torno das duas principais cidades, Lisboa e Porto, e ao longo de algumas áreas do litoral.

No Noroeste, esse processo foi difuso e fragmentado, aproveitando a existência de uma rede de cidades médias e de formas de povoamento historicamente dispersas. Esta região é caracterizada por uma marcante heterogeneidade territorial, onde coexistem

dinâmicas de urbanização com morfologias muito específicas, uma economia em forte mutação, e uma estrutura de protecção bastante disseminada.

Verifica-se então que existem aqui as três dimensões que definem as paisagens multifuncionais – espaços de *consumo*, de *produção* e de *protecção* –, e que assumem diferentes relevâncias consoante as dinâmicas socioeconómicas que lhes estão subjacentes (Holmes, 2000).

Uma dessas tipologias de espaços, predominantemente de produção, é a “bacia leiteira primária” de Entre-Douro-e-Minho, situada em pleno coração do Noroeste, e que constitui a nossa área de estudo (Figura 7). Abordagens metodológicas como as que já foram realizadas por Delgado (2010) servem de base a análises que serão posteriormente aplicadas a toda a região do Noroeste.

Esta área constitui a maior bacia de produção⁸ leiteira do país (“principal” ou “primária”, pela sua relevância), e é caracterizada por uma agricultura intensiva, mecanizada e especializada na produção de leite e cereais forrageiros, e por uma forte concentração de explorações agrícolas, e onde se instalou uma competitiva indústria agroalimentar especializada na fileira do leite e lacticínios, assente num forte sector cooperativo

⁸ Uma “bacia de produção” caracteriza-se por ter: a) uma concentração de explorações agrícolas tendencialmente especializadas; b) uma área com fronteiras “abertas”, mas onde também existem “factores limitativos” (geralmente físicos, mas também humanos), que representam um obstáculo para a sua produção; c) uma única produção, ou algumas produções relacionadas entre si (ex. leite e cereais forrageiros – milho de silagem). Frequentemente as explorações assentam em orientações mais variadas, criando uma sobreposição de múltiplas bacias de produção; d) características homogéneas em função das estruturas agrárias, das tecnologias agrícolas, do escoamento e consumo dos produtos, etc. (Diry, 1999: 39-40; 43).

(Marques, 2000: 256-258)⁹. Beneficiando de uma densa e moderna rede viária, assim como de um aeroporto internacional (Francisco Sá Carneiro, em Pedras Rubras) e de um grande porto marítimo (Leixões, Matosinhos), esta indústria agro-alimentar desenvolveu-se nos principais nós de acesso a esta rede de acessibilidade, na proximidade ao “núcleo central” da bacia leiteira, ou mesmo estabelecendo a sua sede no Porto.

A região agrária do Entre-Douro-e-Minho é a principal produtora de leite do continente português, representando, em 2004/2005, 37,8% do total de explorações leiteiras, 47,8% do volume de leite recolhido ¹⁰ (DRAEDM, 2006: 1-2). Os últimos Recenseamentos Agrícolas (1999-2009) mostram que, nesta região, o número de explorações tem vindo a diminuir (-31%), o mesmo sucedendo com a Superfície Agrícola Utilizada, SAU (-7,7%). Pelo contrário, verifica-se um aumento da SAU média/exploração (+26,8%) e do encabeçamento de bovinos leiteiros (+90,8%). Barcelos e Vila do Conde são os concelhos que mais se evidenciam nesta região. Apesar do decréscimo de -15,2% em Barcelos, estes concelhos possuem quase 60% do total de efectivos de vacas leiteiras; quanto à produção de leite, em 2000/2001, Barcelos teve um volume de quase 26% do

⁹ Inicialmente liderado pela AGROS (Associação das Cooperativas dos Produtores de Leite de Entre-Douro-e-Minho e Trás-os-Montes), este processo seguiu posteriormente uma lógica de concentração empresarial, através da fusão (em 1996) das cooperativas AGROS, LACTICOOP e PROLEITE/MIMOSA, num mesmo grupo – a LACTOGAL, S.A..

¹⁰ Cerca de 35% em relação a todo o território português, incluindo a Região Autónoma dos Açores.

total de EDM, e Vila de Conde 18,1%. Também se destacam os concelhos da Póvoa do Varzim, Esposende e Vila Nova de Famalicão (INE, 1999-2009)¹¹.

O peso desta fileira não se faz sentir somente na produção; também em termos de rentabilidade e importância económica, a região do EDM destaca-se, a nível nacional, pelo forte contributo do sector leiteiro para as *Margens Brutas Padrão/Standard* das explorações.

Todos estes elementos fazem com que esta região, situada na esfera de influência da Área Metropolitana do Porto, seja caracterizada como sendo uma área rural dinâmica, com algumas bolsas substanciais de agricultura competitiva (GPPAA, 2003: 14). No entanto, os rápidos e “intensos processos de suburbanização sentidos nos últimos cinquenta anos” nas “coroas” da *metapolis* do Porto (Marques, 2003: 508), veiculados pelo aumento da população residente, do edificado habitacional e de equipamentos (sobretudo grandes superfícies comerciais), e pelo adensamento da rede viária, têm aumentado a pressão sobre os territórios rurais, entre os quais os de forte aptidão agrícola localizados nesta região.

¹¹ INE (1999). *Recenseamento Geral da Agricultura – 1999*. Lisboa, Instituto Nacional de Estatística. INE (2009). *Recenseamento Agrícola - 2009*, Lisboa, Instituto Nacional de Estatística. Disponíveis em <<http://www.ine.pt>>.

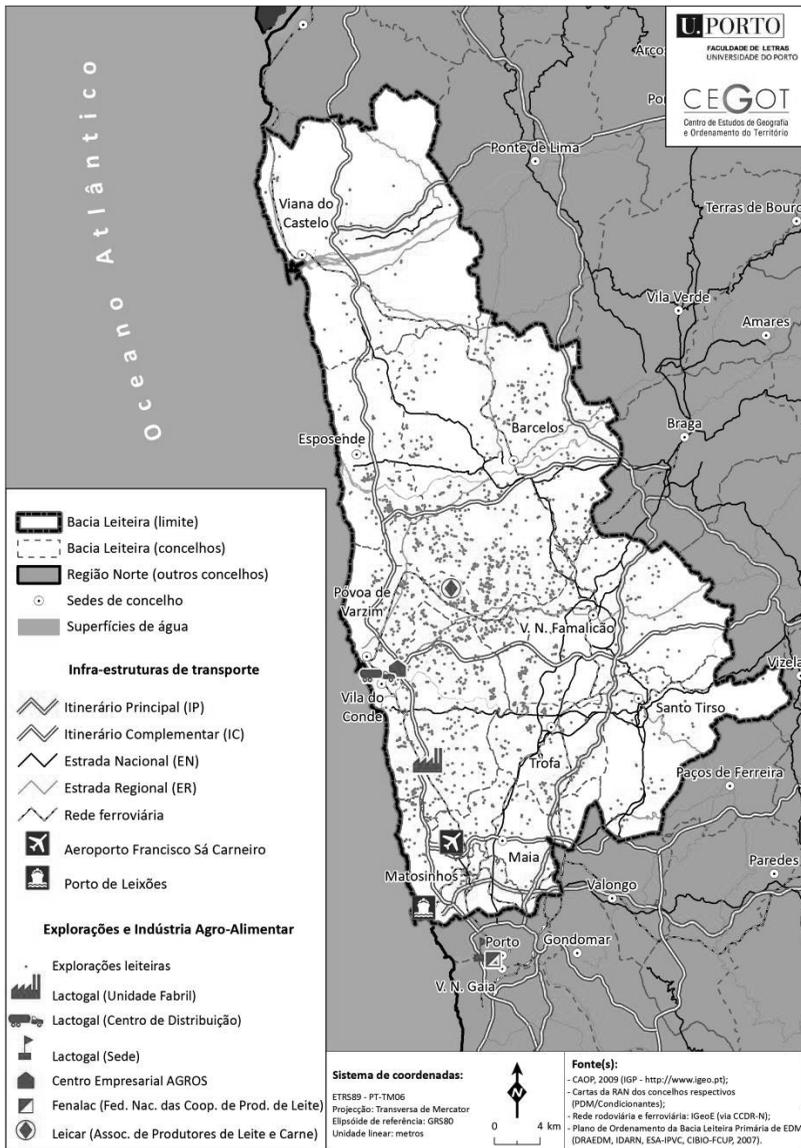


Figura 7 – “Bacia leiteira primária” de Entre-Douro-e-Minho: acessibilidades principais e organização da fileira do leite e laticínios (2010).

2.2. Evolução do uso e ocupação do solo (1990-2007)

A fonte de informação cartográfica utilizada para a análise da ocupação/uso do solo foi a *Carta de Ocupação do Solo* (COS), disponibilizada pelo Instituto Geográfico Português, para os anos de 1990 e 2007¹², nos seus níveis 1 e 2¹³. Tal análise teve de assentar numa uniformização prévia das diferentes nomenclaturas e tipologias de usos do solo, patentes nos dois momentos temporais.

Para analisar a variação entre os dois anos (evolução de séries temporais), utilizaram-se dois procedimentos: a taxa de variação simples (%) e a Taxa de Crescimento Médio anual (convertida em percentagem - %/ano)¹⁴.

Analisando o nível mais generalizado dos usos do solo (Nível 1 – Tabela 1 e Figura 8), verifica-se, em 2007, um predomínio das áreas florestais e meios naturais e semi-naturais (em torno dos 44%), seguidas das áreas agrícolas e agro-florestais (c. 33%); os territórios artificializados também têm alguma representatividade, com aproximadamente 22%. As zonas húmidas e os corpos de água são residuais, ocupando apenas, no seu conjunto, 1,1% do total da área.

¹² Apesar de existir um outro produto cartográfico (*CORINE Land Cover*), com uma maior frequência temporal (1990, 2000 e 2006) – o que se revela fundamental na análise das dinâmicas de alteração do uso e ocupação do solo –, a sua escala é de 1:100.000 e a Unidade Mínima Cartográfica (UMC) é de 25 hectares. Isto faz com que, apesar de constituir um produto “de elevadíssima qualidade”, os mapas daí resultantes não possam “em completo dar resposta às necessidades dos estudos a escalas locais” (Caetano *et al.*, 2008). Pelo contrário, as especificações técnicas da COS (designadamente uma escala mais detalhada, 1:25.000, e uma Unidade Mínima Cartográfica de 1 hectare), bem como a recente disponibilização de um segundo momento temporal (2007), fazem com que esta informação se torne a mais apropriada para fazer a análise da evolução das dinâmicas de ocupação/uso do solo à escala do concelho (Caetano *et al.*, 2009).

¹³ De disponibilização gratuita ao público em geral (http://www.igeo.pt/e-IGEO/egeo_downloads.htm).

¹⁴ Com base na seguinte expressão: $tc_{m,y} = \frac{n}{\sqrt{y_t - y_{t-n}}} - 1$

Em que:

n – número de anos entre duas data (2007-1990=17);

y_t – Valor obtido para o ano t (ou seja, para o ano mais recente; ex. 2007);

Em termos evolutivos, registou-se um forte aumento das áreas artificializadas (+55,5%), em detrimento sobretudo das áreas agrícolas e agro-florestais (-13,6%) e das áreas florestais, meios naturais e semi-naturais (-6,3%)¹⁵.

Tabela 1 – Usos do solo (nível 1) na Bacia Leiteira (1990-2007).

Uso do Solo (nível 1)	Área (km2)		Área (% do total)		Variação	
	1990	2007	1990	2007	(%)	(%/ano)
Territórios artificializados	226,08	351,59	14,3	22,2	55,5	2,63
Áreas agrícolas e agro-florestais	598,80	517,42	37,9	32,7	-13,6	-0,86
Florestas e meios naturais e semi-naturais	740,17	693,27	46,8	43,9	-6,3	-0,38
Zonas húmidas	1,48	3,54	0,1	0,2	138,6	5,25
Corpos de água	12,10	14,37	0,8	0,9	18,8	1,02

Fonte: COS, 1990/2007 (IGP).

¹⁵As zonas húmidas e os corpos de água registaram um substancial aumento da sua área. Todavia, tal variação pode derivar do grau de generalização cartográfica destes elementos naturais (em especial os cursos dos rios), em conformidade com os requisitos da Unidade Mínima Cartográfica da COS, que é de 1 hectare (IGP).

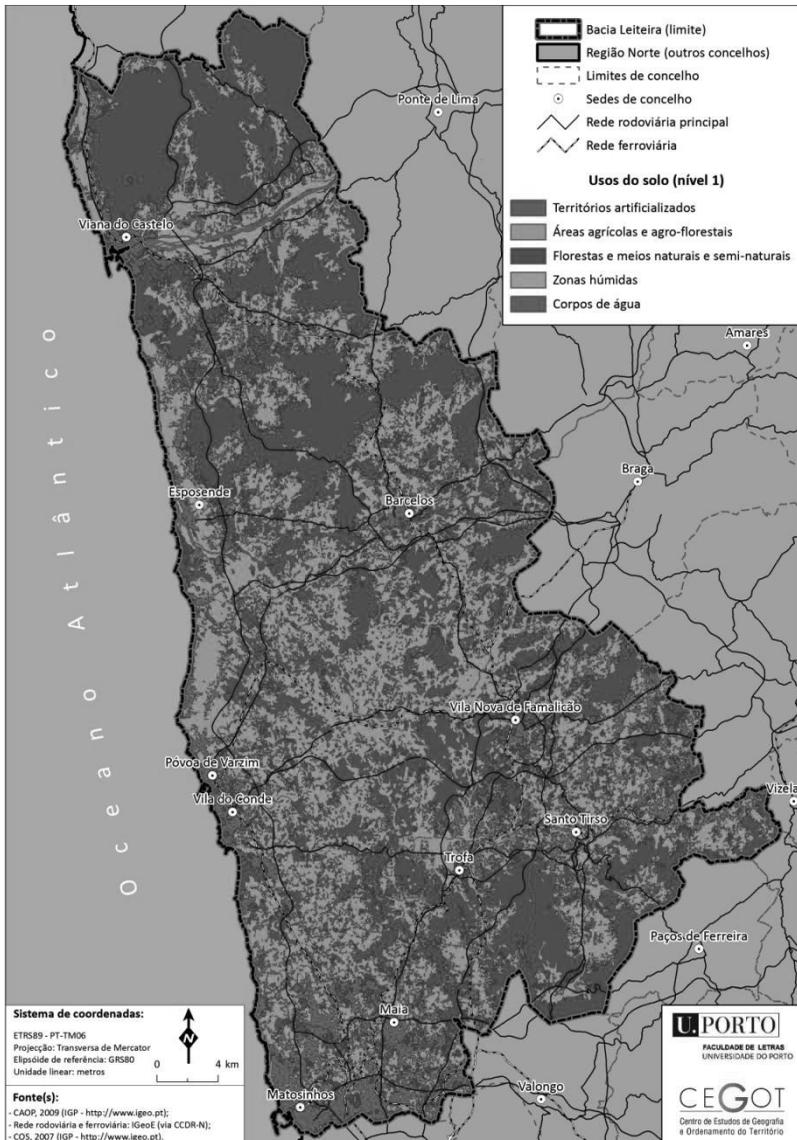


Figura 8 – Uso e ocupação do solo (nível 1) na Bacia Leiteira, em 2007.

Numa análise mais detalhada dos usos do solo (Nível 2 – Figura 9), verifica-se que os territórios artificializados são maioritariamente compostos por tecido urbano (17% da área total), mas que as outras modalidades de áreas urbanizadas assistiram a um aumento significativo entre as duas datas: espaços verdes urbanos, equipamentos desportivos, culturais e de lazer, e zonas históricas (+314%) ou as áreas de extracção de inertes, áreas de deposição de resíduos e estaleiros de construção (+112,5%).

As áreas agrícolas são, em grande medida, representadas pelas culturas temporárias (22,4%) mas foram as pastagens permanentes que registaram um maior aumento entre os dois períodos (+177%), o que atesta a crescente especialização desta região na criação de bovinos leiteiros e na produção forrageira.

Nas áreas florestais e meios naturais e semi-naturais, aumentaram as florestas abertas e vegetação arbustiva e herbácea (+105%), contrastando com as florestas propriamente ditas, que diminuíram c. 16% entre os dois momentos, pese embora serem ainda muito expressivas (33% da área total da bacia).

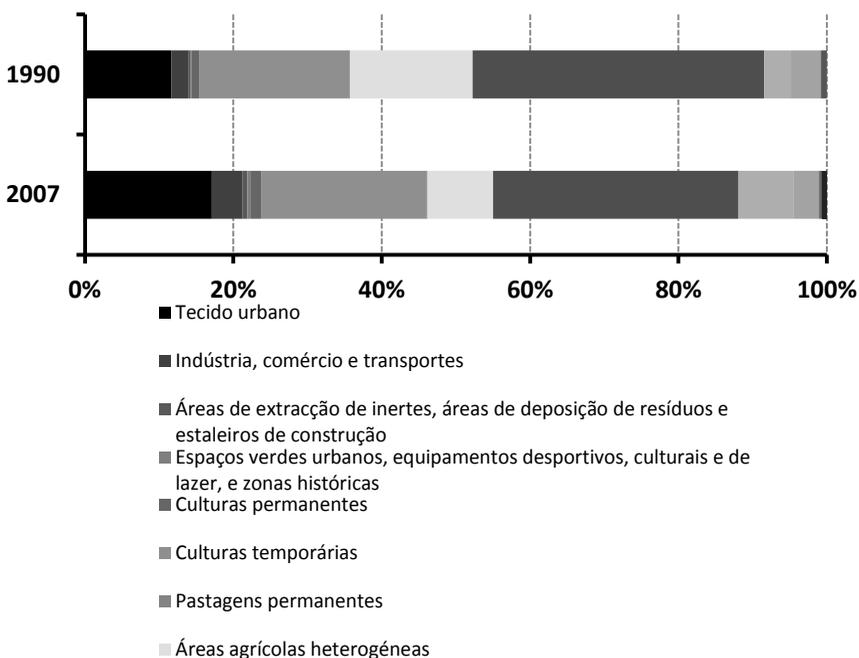


Figura 9 – Uso e ocupação do solo (nível 2) na Bacia Leiteira (1990-2007).

Fonte: COS, 1990/2007 (IGP).

As alterações nos usos do solo¹⁶ de Nível 1, entre 1990 e 2007 (Figura 10), registraram três dinâmicas fundamentais: a grande artificialização de áreas agrícolas (c. 35% do total de transferências) e de áreas florestais (c. 20%), bem como a transferência, em iguais proporções (c. 17%), entre áreas agrícolas e florestais.

¹⁶ Informação obtida a partir das respectivas *shapefiles* dos anos 1990 e 2007, convertidas para o formato matricial (resolução das células: 10 metros), e posteriormente intersectadas através da ferramenta *Combine* do *ArcGIS*. Na matriz de transferências, excluiu-se da análise as áreas que mantiveram o mesmo uso genérico (nível 1), mesmo quando ocorreu alguma alteração intra-uso (por ex. nas áreas agrícolas, as culturas temporárias que passam a permanentes). Esta análise focou, depois, apenas as transferências de usos artificiais/agrícolas/florestais, deixando de fora as zonas húmidas e os corpos de água.

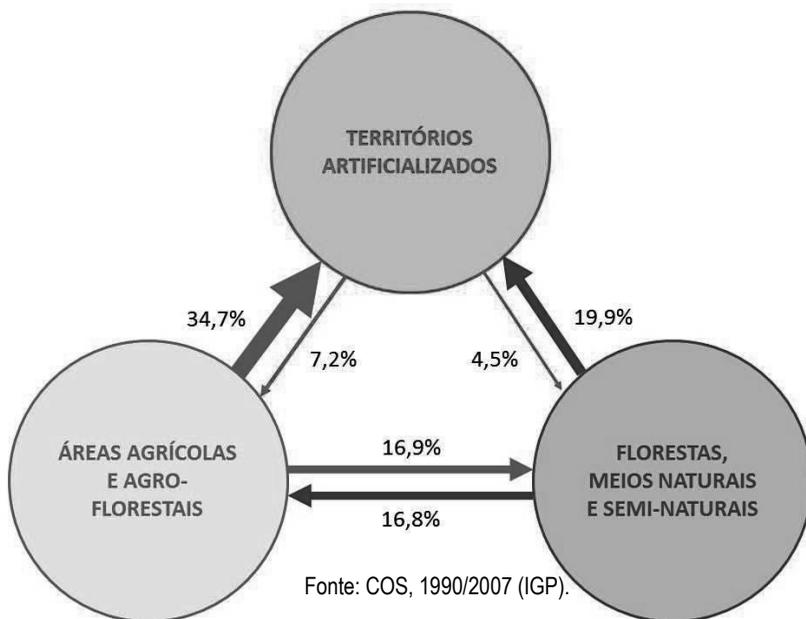


Figura 10 – Alterações dos usos do solo (artificial/agrícola/florestal) na Bacia Leiteira (1990-2007) – percentagem do total das transferências.

Apenas na óptica da artificialização das áreas agrícolas e florestais, comprova-se que foi entre as primeiras que se registaram as maiores transferências (c. de 17% da superfície total existente em 1990), enquanto as áreas florestais perderam cerca de 8%. À escala municipal, foram os concelhos de Matosinhos e Maia, localizados no núcleo central da Grande Área Metropolitana do Porto, que sofreram as maiores perdas relativas de áreas agrícolas e florestais, tendo como destino usos urbanos. No entanto, em termos absolutos, não se pode deixar de reparar nos elevados valores de área agrícola perdida em Barcelos (28 km²), Viana do Castelo (17,4 km²) e Vila Nova de Famalicão (15,2 km²), ou mesmo na perda de área florestal naquele primeiro concelho (10,6 km²) – Tabela 2; Figura 11 a Figura 14.

Tabela 2 – Transferência de usos agrícolas e florestais para usos artificializados, por concelho (1990-2007)

Concelhos	Áreas agrícolas			Áreas florestais		
	1990 (km ²)	Transf./ Artif. (km ²)	%	1990 (km ²)	Transf./ Artif. (km ²)	%
Barcelos	16223,8	28,0	0,17	18270,9	10,6	0,06
Esposende	3840,0	6,6	0,17	4165,8	4,2	0,10
Maia	2577,3	5,7	0,22	3180,8	8,1	0,26
Matosinhos	1796,8	4,6	0,26	1479,9	4,5	0,31
Póvoa de Varzim	4516,8	6,4	0,14	2468,9	1,7	0,07
Santo Tirso	4411,1	7,8	0,18	7244,2	4,8	0,07
Trofa	1956,8	2,6	0,13	4087,7	3,1	0,08
Viana do Castelo	9084,8	17,4	0,19	19211,1	8,0	0,04
Vila do Conde	6891,9	7,6	0,11	5838,9	4,7	0,08
Vila Nova de Famalicão	8578,6	15,2	0,18	8070,9	9,0	0,11

Fonte: COS, 1990/2007 (IGP).

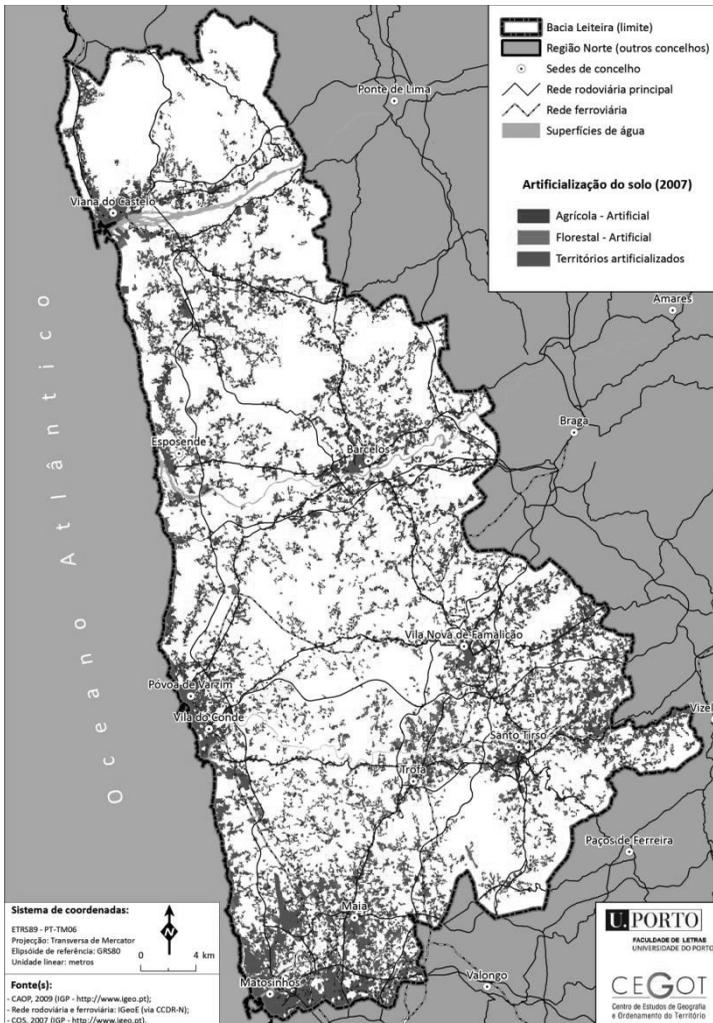


Figura 11 – Artificialização das áreas agrícolas e florestais na Bacia Leiteira (1990-2007).

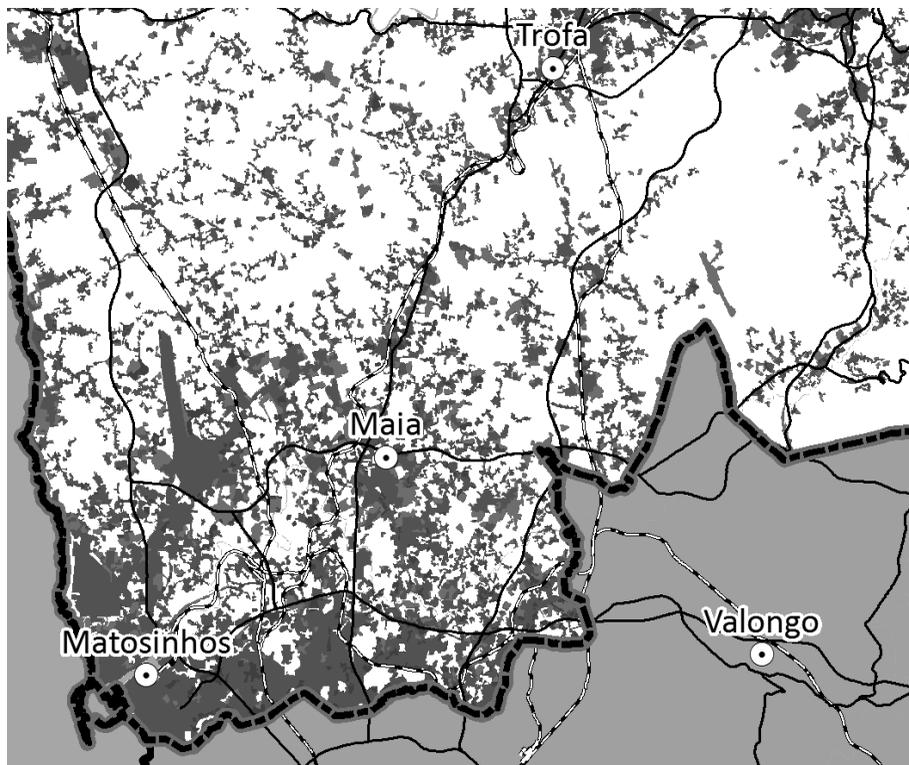


Figura 12 – Artificialização das áreas agrícolas e florestais na Bacia Leiteira (1990-2007): pormenor dos concelhos de Matosinhos, Maia e Trofa.

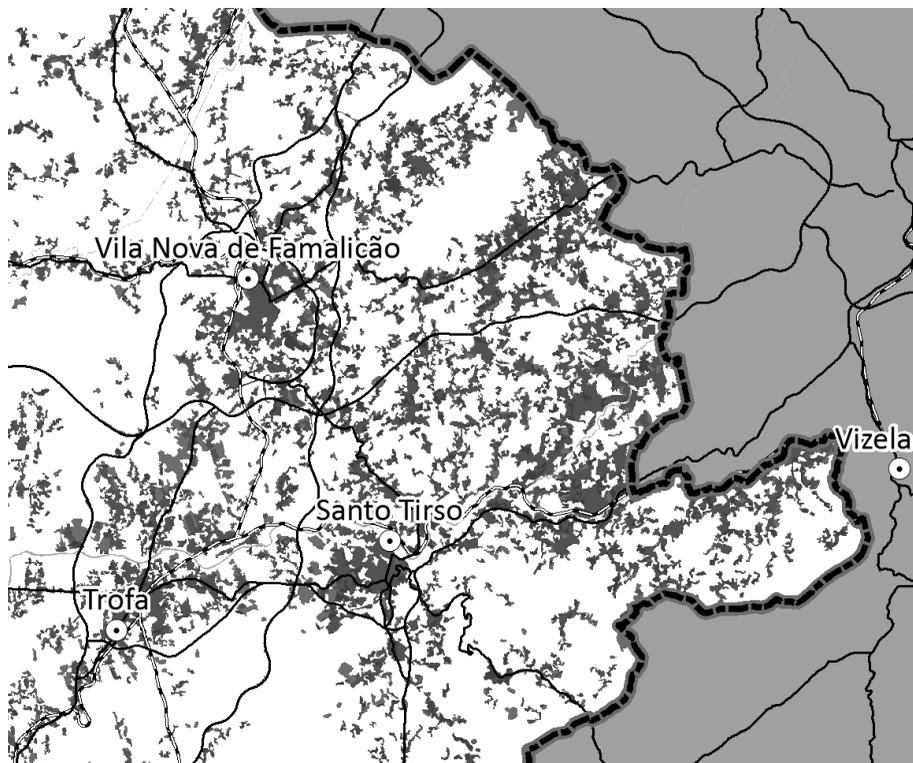


Figura 13 – Artificialização das áreas agrícolas e florestais na Bacia Leiteira (1990-2007): pormenor dos concelhos da Trofa, Santo Tirso e Vila Nova de Famalicão.



Figura 14 – Artificialização das áreas agrícolas e florestais na Bacia Leiteira (1990-2007): pormenor dos concelhos da de Esposende, Barcelos e Vila Nova de Famalicão.

3. Discussão e Conclusões

Este artigo pretendeu fazer uma sistematização genérica dos grandes conceitos respeitantes à multifuncionalidade, tanto da agricultura como da paisagem, realçando a importância das suas múltiplas funções na estruturação dos territórios, e destacando o papel fundamental desempenhado pela mudança dos usos e da ocupação do solo (em especial os impostos pelos processos de urbanização) enquanto “força motriz” das transformações da paisagem.

A análise quantitativa das dinâmicas de alteração do uso e ocupação solo (em especial a quantificação de áreas relativas e de taxas de evolução) é, como se viu, um dos

primeiros passos a dar quando se pretende compreender os processos que condicionam ou determinam as mudanças na paisagem e nas suas funções.

Utilizámos, para esse fim, um caso de estudo centrado numa importante e competitiva bacia leiteira de Entre-Douro-e-Minho, localizada no Noroeste de Portugal e na esfera de influência Área Metropolitana do Porto. Tratou-se de um ensaio metodológico que, partindo de uma área mais restrita, deverá ser aplicado, posteriormente, a toda a região.

Comprovou-se, nesta análise, que o aumento do tecido urbano é um dos grandes agentes transformadores da paisagem, com a crescente artificialização de áreas agrícolas e florestais, principalmente nos concelhos mais próximos do núcleo da Área Metropolitana do Porto (Maia, Matosinhos), mas também em concelhos de perfil mais rural (Barcelos, Viana do Castelo, Vila Nova de Famalicão).

Compreender as mudanças na paisagem e nos usos do solo, requer necessariamente que se abarquem os processos numa escala temporal mais alargada (perspectiva *histórica* ou *diacrónica*). Neste ensaio, apenas se puderam analisar dois momentos temporais (1990 e 2007), à escala 1:25.000 (*Carta de Ocupação do Solo*, IGP). Seria, pois, interessante, ou mesmo conveniente definir mais momentos temporais, e a escala mais pormenorizada, se não a toda a região, pelo menos a áreas de amostragem específicas, representativas de distintos níveis ou intensidades de multifuncionalidade, e de diferentes unidades de paisagem.

A quantificação de padrões e processos possibilita aos planeadores e decisores o estabelecimento de prioridades e uma melhor definição de áreas de actuação; permite ainda, ciclicamente, monitorizar e avaliar as respostas dadas (políticas, planos, programas, instrumentos de gestão territorial) para a resolução dos problemas identificados.

Nesse âmbito, reforça-se a ideia de que os Sistemas de Informação Geográfica, bem como as análises estatísticas, se revelam fundamentais enquanto ferramentas de apoio ao processo de monitorização, avaliação, fiscalização e decisão tanto em matéria de

Ambiente e Ordenamento do Território, como na concretização de políticas e instrumentos de gestão territorial.

4. Referências

- Antrop, M. (2000). "Background concepts for integrated landscape analysis". *Agriculture, Ecosystems and Environment* 77: 17-28.
- Antrop, M. (2004). "Landscape change and the urbanization process in Europe". *Landscape and Urban Planning* 67: 9-26.
- Antrop, M. (2006a). "Sustainable landscapes: contradiction, fiction or utopia?". *Landscape and Urban Planning* 75: 187-197.
- Antrop, M. (2006b). From holistic landscape synthesis to transdisciplinary landscape management. *From Landscape Research to Landscape Planning: Aspects of Integration, Education and Application*. B. Tress, B.; G. Tres; G. Fry e P. Opdam (Eds.). Wageningen: 27-50.
- Brandt, J.; Primdahl, J. e Reenberg, A. (1999). Rural land-use and landscape dynamics: analysis of 'driving forces' in space and time. *Land-use changes and their environmental impact in rural areas in Europe*. Paris, UNESCO: 81-102.
- Bürgi, M.; Hersperger, A. M. e Schneeberger, N. (2004). "Driving forces of landscape change – current and new directions". *Landscape Ecology* 19: 857-868.
- Caetano, M.; Nunes, V. e Araújo, A. (2008). "Concepção e desenvolvimento das especificações técnicas da nova Carta de Ocupação do Solo de Portugal Continental". *Actas do X Encontro de Utilizadores de Informação Geográfica*. ESIG 2008, 14-16 de Maio de 2008, Oeiras, 20 p.
- Caetano, M.; Nunes, V. e Pereira, M. (2009). "Land Use and Land Cover Map of Continental Portugal for 2007 (COS2007): Project presentation and technical specifications development". *3rd Workshop of the EARSel Special Interest Group on Land Use/Land Cover*. 25-27 November, 2009, Bona, 12 p.
- Cancela d'Abreu, A.; Botelho, M. J.; Oliveira, M. R.; Afonso, M. (2011). *A Paisagem na Revisão dos PDM. Orientações para a Implementação da Convenção Europeia da Paisagem no Âmbito Municipal*. Lisboa, DGOTDU – Direcção Geral do Ordenamento do Território e Desenvolvimento Urbano, 108 p.
- Decreto n.º 4/2005. *Diário da República – I Série A* 31 (14 de Fevereiro de 2005): 1017-1028 [aprova a Convenção Europeia da Paisagem].
- De Groot, R. (2006). "Function-analysis and valuation as a tool to assess land use conflicts in planning for sustainable, multi-functional landscapes". *Landscape and Urban Planning* 75: 175-186.

- Delgado, C. (2010). Expansão Urbana e Fragmentação de Áreas com Forte Aptidão Agrícola. O caso de estudo da "bacia leiteira primária" de Entre-Douro-e-Minho. Mestrado, Faculdade de Letras da Universidade do Porto, 188 p.
- Diry, J.-P. (1999). Les Espaces Ruraux. Paris, Armand Colin, 192 p.
- DRAEDM (2006). Leite de Vaca e Lacticínios. Braga, Direção Regional de Agricultura de Entre-Douro-e-Minho, 16 p.
- European Commission (2009). 2nd SCAR Foresight Exercise. New Challenges for Agricultural Research: Climate Change, Food Security, Rural Development, Agricultural Knowledge Systems. Luxembourg, Office for Official Publications of the European Communities, 104 p.
- Fadigas, L. (2007). Fundamentos Ambientais do Ordenamento do Território e da Paisagem. Lisboa, Edições Sílabo, 201 p.
- Fleskens, L.; Duarte, F. e Eicher, I. (2009). "A conceptual framework for the assessment of multiple functions of agro-ecosystems: a case study of Trás-os-Montes olive groves". Journal of Rural Studies **25**: 141-155.
- Gómez Sal, A. e González García, A. (2007). "A comprehensive assessment of multifunctional agricultural land-use systems using a multi-dimensional evaluative model". Agriculture, Ecosystems and Environment **120**: 82-91.
- GPPAA (2003). Portugal Rural: Territórios e Dinâmicas. Lisboa, Ministério da Agricultura, do Desenvolvimento Rural e das Pescas – Gabinete de Planeamento e Política Agro-Alimentar, 39 p.
- Groot, J. C. J. *et al.* (2009). "On the contribution of modelling to multifunctional agriculture: learning from comparisons". Journal of Environmental Management **90**: S147-S160.
- Hermann, A.; Schleifer, S. e Wrбка, T. (2011). "The concept of ecosystem services regarding landscape research: a review". Living Reviews in Landscape Research **5**: 37 p.
- Holmes, J. (2008). "Impulses towards a multifunctional transition in rural Australia: interpreting regional dynamics in landscapes, lifestyles and livelihoods". Landscape Research **33**(2): 211-223.
- Huylenbroeck, G. van *et al.* (2007). "Multifunctionality of agriculture: a review of definitions, evidence and instruments". Living Reviews in Landscape Research **1**(3): 43 p.
- INE (1999). Recenseamento Geral da Agricultura – 1999. Lisboa, Instituto Nacional de Estatística.
- INE (2009). Recenseamento Agrícola - 2009. Lisboa, Instituto Nacional de Estatística.
- Klijn, J. A. (2004) – Driving forces behind landscape transformation in Europe, from a conceptual approach to policy options. The New Dimensions of the European Landscapes. R. H. G. Jongman (Ed.). Wageningen UR: 201-218.
- Marques, H. (2000). Modernidade e Inovação na Ruralidade do Noroeste de Portugal. Doutoramento em Geografia, Faculdade de Letras da Universidade do Porto, 419 p.
- Marques, T. S. (2003). "Dinâmicas territoriais e as relações urbano-rurais". Revista da Faculdade de Letras – Geografia (I série) **19**, Porto, Faculdade de Letras da Universidade do Porto: 507-521.

- Oliveira, R.; Cancela d'Abreu, A.; Santos, J. C. (2008). "Que multifuncionalidade? Uma abordagem aplicada ao ordenamento e gestão da paisagem". Actas do III Congresso de Estudos Rurais. 1-3 Nov./2007, Faro, Universidade do Algarve, 15 p.
- Pedroli, B.; Pinto-Correia, T. e Cornish, P. (2006). "Landscape – what's in it? Trends in European landscape science and priority themes for concerted research". Landscape Ecology **21**: 421-430.
- Pinto-Correia, T. (coord.) (2006). Estudo Sobre o Abandono em Portugal Continental. Análise das Dinâmicas da Ocupação do Solo, do Sector Agrícola e da Comunidade Rural. Tipologia de Áreas Rurais. Évora, Universidade de Évora, Departamento de Planeamento Biofísico e Paisagístico, 214 p.
- Pinto-Correia, T. (2007). "Multifuncionalidade da paisagem rural: novos desafios à sua análise". Inforgeo (Julho/2007): 67-71.
- Pinto-Correia, T. e Breman, B. (2009). "New roles for farming in a differentiated countryside: the Portuguese example". Regional Environmental Change **9**: 143-152.
- Pinto-Correia, T. e Carvalho-Ribeiro, S. (2012). "The Index of Function Suitability (IFS): a new tool for assessing the capacity of landscapes to provide amenity functions". Land Use Policy **29**: 23-34.
- Renting, H. *et al.* (2009). "Exploring multifunctional agriculture. A review of conceptual approaches and prospects for an integrative transitional framework". Journal of Environmental Management **90**: S112-S123.
- Rossing, W. A. H. *et al.* (2007). "Integrative modelling approaches for analysis of impact of multifunctional agriculture: a review for France, Germany and The Netherlands". Agriculture, Ecosystems and Environment **120**: 41-57.
- Silva, F. B. e (2011). "Land function: origin and evolution of the concept". Cadernos de Doutorado em Geografia (Julho de 2011). Porto, Faculdade de Letras da Universidade do Porto: 67-92.
- Stachow, U. *et al.* (2003). "Indicators of landscape functions related to modifications and patterns of agricultural landscapes". Agricultural Landscape Indicators: Proceedings of the NIJOS/OECD expert meeting (Oslo, October/2002), 13 p.
- Surová, D.; Surov, P.; Ribeiro, N. e Pinto-Correia, T. (2011). "Integrating differentiated landscape preferences in a decision support model for the multifunctional management of the Montado". Agroforestry Systems **82**: 225-237.
- Vereijken, P. H. (2002). "Transition to multifunctional land use and agriculture". Wageningen Journal of Life Sciences **50**(2): 171-179.
- Wiggering, H. *et al.* (2006). "Indicators of multifunctional land use – linking socio-economic requirements with landscape potentials". Ecological Indicators **6**: 238-249.
- Willemens, L.; Hein, L.; van Mensvoort, M. E. F. e Verburg, P. (2010). "Space for people, plants and livestock? Quantifying interactions among multiple landscape functions in a Dutch rural region". Ecological Indicators **10**: 62-73.

Willemsen, L. (2010). Mapping and Modelling Multifunctional Landscapes. Doutorado, Wageningen University, 152 p.

Wilson, G. A. (2007). Multifunctional Agriculture: a Transition Theory Perspective. Oxfordshire, CABI, 374 p.

Inês Marafuz¹

Delimitação de perímetros de inundação através de Métodos Convencionais e de Modelos Hidrológico-Hidráulicos (Hec-Ras).

Resumo

As cheias são um risco natural recorrente e de difícil previsão, implicando, por isso, que se realizem estudos rigorosos com aplicabilidade ao ordenamento do território, no sentido de prevenir e mitigar os seus efeitos danosos. Este trabalho reflete uma abordagem essencialmente metodológica, expressa pelo estudo comparativo de duas metodologias para a delimitação de perímetros de inundação: uma convencional, apoiada no levantamento topográfico rigoroso em campo e na aplicação de fórmulas matemáticas, e um método hidrológico-hidráulico, efetuado com base em softwares como o *Hec-Ras* e o *Hec-GeoRas*, uma extensão do *ArcGis*. Pretende-se com esta análise, estabelecer um quadro com as vantagens e limitações na aplicação de cada método assim como comparar os requisitos que exigem, ou seja, os equipamentos e dados de base necessários. Os resultados obtidos com estas metodologias serão tão mais rigorosos e realistas, quanto

¹ Doutoranda do Departamento de Geografia da Faculdade de Letras da Universidade do Porto.

mais precisos forem os equipamentos e materiais utilizados e quanto melhor for a qualidade da informação de base.

Palavras-chave: perímetro de inundação, método convencional, Hec-Ras. SIG, fórmula de Loureiro

Abstract

Floods are a recurrent natural hazard and difficult to predict, that involves there will be rigorous studies with applicability for planning, in order to prevent and mitigate them. This work reflects an essentially methodological approach, expressed by a comparative study of two methods for the estimation of flood-prone areas: a conventional method, based on the rigorous field survey and application of mathematical formulas and a hydrologic-hydraulic modeling, made using in software such as Hec-Hec-Ras and GeoRas, an extension to ArcGIS. The aim of this analysis is to provide a table showing the advantages and limitations of the application of each method as well as compare the requirements, ie, equipment's and baseline data needed. The results obtained with these methods will only become more rigorous and realistic, depending on the accurate of the equipment and materials used and quality of the bases information.

Key-words: flooded areas, conventional method, Hec-Ras, GIS, Loureiro's formula

1. Introdução

As cheias são um processo natural recorrente, com manifestos impactos em termos de perdas humanas e prejuízos económicos (Pereira, C., 1995; Jonkman & Vrijling, 2008).

Dadas as alterações climáticas registadas nas últimas décadas, a Agência Europeia do Ambiente (AEA), prevê que estes eventos se tornem cada vez mais frequentes (AEA, 2005), razão pela qual se devem desenvolver estudos que contribuam para a definição rigorosa dos perímetros de inundação. Por outro lado, a pressão/ocupação exercida pela humanidade sobre as planícies de inundação, altera a dinâmica natural destas áreas, o que, por sua vez, reforça o processo destrutivo destes episódios (Velhas, 1991). Estas situações implicam que se reúnam esforços no sentido de avaliar, gerir e prevenir riscos de inundação. A Diretiva 2007/60/CE do Parlamento Europeu e do Conselho da União Europeia, de 23 Outubro de 2007, a par do que foi exposto na Diretiva 2000/60/CE, estabelece um quadro para a avaliação e gestão dos riscos de inundação, com a finalidade de minimizar as suas consequências para o homem, o ambiente, o património cultural e as atividades económicas. Assim, prevê-se, entre outros, a realização de uma descrição dos episódios que ocorreram no passado e que tenham acarretado impactos negativos sobre a população, bens e ambiente, e com probabilidade significativa de voltarem a suceder; a elaboração de cartas de zonas inundáveis, cartas de risco de inundação e de planos de gestão dos riscos de inundações, tal como preconiza o Decreto-lei 115/2010.

O trabalho que se apresenta, diz assim respeito a uma abordagem essencialmente metodológica, que se baseia na análise comparativa de dois métodos usados na delimitação de perímetros de inundação: o método convencional e o método hidráulico-hidrológico (fig. 1). O primeiro exige um árduo e exaustivo trabalho de campo, uma vez que é necessário realizar um levantamento topográfico rigoroso, com recurso a equipamentos de elevada precisão e a aplicação de fórmulas matemáticas. Já o método hidrológico-hidráulico pode ser realizado com recurso a uma aplicação informática, o *Hec-Ras* (<http://www.hec.usace.army.mil/software/hecras/>), que funciona, praticamente, como base de toda a metodologia (Santos, 2009). Pretende-se, com esta análise, estabelecer um quadro com as vantagens e as limitações na aplicação de cada método e o tipo de aparelhos e dados de base requeridos. Ressalva-se, no entanto, que não foi possível

utilizar as duas metodologias na mesma área de estudo, pela falta de dados de base detalhados o suficiente para se obterem resultados rigorosos.

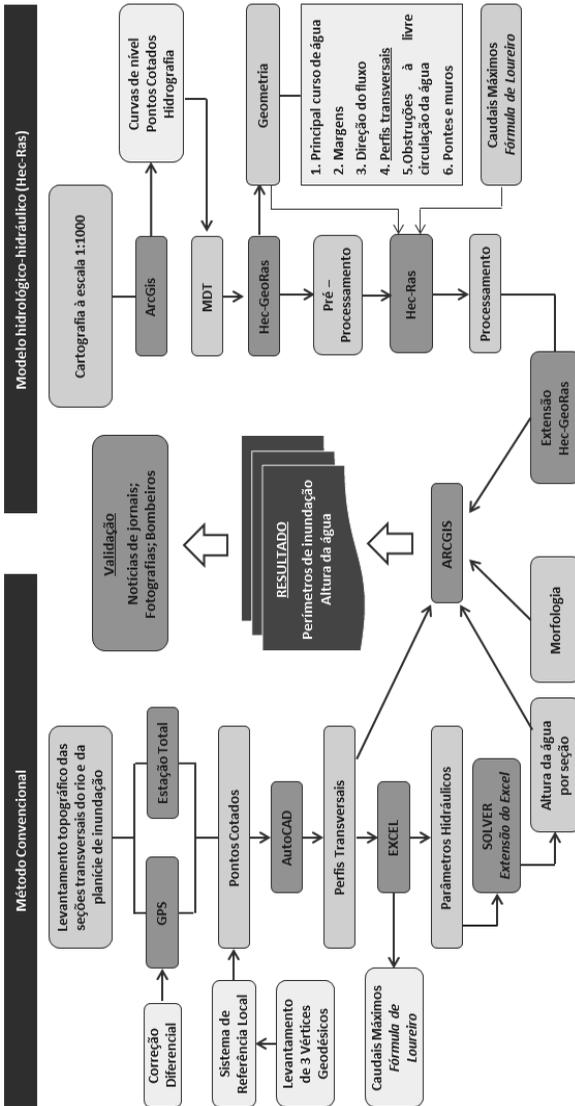


Figura 1. Comparação metodológica entre o método convencional e o método hidrológico-hidráulico.

2. O Método convencional e o método hidrológico-hidráulico

No presente trabalho descrevem-se dois métodos utilizados na delimitação de perímetros de inundação (fig. 1), com a finalidade de estabelecer diferenças entre os processos, as exigências em termos de equipamentos e dados necessários, bem como dos resultados que permitem alcançar.

Ao método convencional está normalmente associado a modelação matemática, englobando diversos métodos e fórmulas para a predeterminação dos caudais de ponta de cheia (Lencastre & Franco, 1984). Nas fórmulas empíricas apenas se considera a área da bacia e os caudais máximos são deduzidos a partir da experiência; as fórmulas cinemáticas têm em consideração o tempo de concentração e a duração da precipitação, abrangendo então as características do movimento da água; os métodos estatísticos permitem analisar os valores referentes a uma secção, a extensão da amostra desses valores através da correlação com a precipitação e a regionalização dos valores alcançados para algumas secções; e o cálculo da cheia máxima provável pode ser estimado, por exemplo, pela precipitação máxima provável (Lencastre & Franco, 1984, Costa & Lança, 2001). O quadro 1 apresenta exemplos de fórmulas empíricas, cinemáticas e métodos estatísticos e os requisitos necessários para a sua aplicação em diferentes bacias hidrográficas.

	Fórmula	Descrição da bacia hidrográfica	Bibliografia
Empíricas	Pagliaro	Áreas <1000 km ²	Lencastre & Franco, 1984; Martins, 2000; Costa & Lança, 2001
	Forti		
	Whistler	Áreas de 1000 a 12000 km ²	
	Iskowski	---	
Cinemáticas	Racional	Áreas ≤ 25 km ²	
	SCS	Áreas <8 km ²	
	Giandotti	---	
	MOCKUS	Tempo de concentração <4 horas	
	DAVID	Áreas <25 km ²	
	Temez	Áreas <75 km ²	
Estatísticos	Loureiro	---	

Quadro 1. Síntese das fórmulas matemáticas e dos requisitos necessários à sua aplicação (adaptado de Marafuz, 2011 p. 78).

Para além da modelação matemática, este método é fortemente dependente de trabalho de campo, na medida em que exige o levantamento topográfico das seções transversais do rio e da planície de inundação. Estes dados são cruciais para que se possam traçar os perfis transversais (por exemplo, recorrendo ao software *AutoCad*) e, deste modo, definir os parâmetros hidráulicos que servirão de base para a determinação da superfície livre de escoamento.

No caso do método hidrológico-hidráulico é necessário ter informação de base, como a altimetria e a planimetria, a uma escala muito pormenorizada, de modo a que se obtenha um bom modelo digital de terreno (MDT). Desta forma, é possível criar facilmente, através da extensão *Hec-GeoRas*, dados de geometria referentes ao principal curso de água, às margens, à direção do fluxo, às obstruções à livre circulação da água, à presença de pontes e muros e ainda traçar perfis transversais. Tal como no método convencional, é de

extrema importância determinar perfis uma vez que o software *Hec-Ras* não entra com o MDT global, mas sim com os pontos “cotados” extraídos do mesmo. Aliado a esta informação é necessário introduzir os valores dos caudais máximos de cheia que foram obtidos, aplicando uma das fórmulas matemáticas anteriormente referidas – no caso, a fórmula de Loureiro (Loureiro, 1984) – que não tem em consideração os movimentos da água. Quer isto dizer que existe uma certa ligação entre ambas as metodologias. Processado o modelo e exportado para o software *ArcGis*, utiliza-se novamente a extensão *Hec-GeoRas* para se obter então a altura da coluna de água e a sua velocidade. O modelo hidrológico-hidráulico pode ainda ser refinado com trabalho de campo, no sentido de se incorporarem elementos do terreno que, porventura, não estejam incluídos na cartografia. Por outro lado, é uma etapa importante pela necessidade de se validarem os resultados finais.

Como podemos observar pela figura 1, há ainda uma fase comum às duas metodologias que diz respeito à validação dos resultados, quer pelo reconhecimento das condições geomorfológicas da área em estudo, nomeadamente pela inventariação de pontos/alturas de inundação (marcas de cheia), quer pela consulta de jornais locais e dos registos das autoridades de proteção civil.

3. Considerações gerais

As cheias, como episódios naturais recorrentes e de difícil previsão, carecem de estudos aprofundados e rigorosos que constituam um instrumento de trabalho para o ordenamento do território, sobretudo pela sua aplicabilidade à prevenção e mitigação destes eventos. Neste contexto, têm sido desenvolvidos em Portugal trabalhos que envolvem o uso de métodos convencionais e de modelos hidrológico-hidráulicos. Evidenciando alguns desses estudos, assinalamos o trabalho de Velhas (1991) que consistiu na aplicação de um método convencional – a fórmula de Giandotti - para a

determinação dos caudais máximos de cheia. Para obter as cotas atingidas por estes caudais num período de retorno de 10, 20 e 100 anos, recorreu à fórmula de Manning-Strickler composta, entre outros, por parâmetros hidráulicos. Estes, foram calculados com base nos perfis transversais traçados. Por fim, a delimitação das áreas inundáveis teve por base as observações locais que possibilitaram uma visão da topografia e dos parâmetros geométricos do leito e da planície aluvial. Já Ramos (1994), aplicou o método estatístico de Loureiro, por se adaptar especificamente a Portugal, com uma finalidade meramente comparativa dos caudais máximos de cheia que se podiam produzir em quatro sub-bacias. Reis (2006) traçou perfis transversais em várias seções do vale de cada sub-bacia que se propôs a estudar (ribeiras com as cabeceiras localizadas na Serra de Grândola), e, estimou apenas o tempo de concentração das mesmas, com recurso às fórmulas de Giandotti e de Temez.

A modelação hidrológica e hidráulica tem-se vindo a revelar uma mais-valia em estudos de cheias, por permitir, de forma automática, delimitar perímetros de inundação, ainda que apresente limitações sobretudo por requerer cartografia adequada. Refere-se o trabalho de Santos (2009) que utilizou duas metodologias para obter cartografia de áreas inundáveis. Por um lado, aplicou o que designou de “método de reconstituição hidrogeomorfológica” que consistiu no uso combinado de métodos históricos, paleogeográficos, geológicos e geomorfológicos. No entanto, apontou como principal limitação deste método *a dificuldade em estabelecer relações entre a frequência de determinada cheia/inundação e a respetiva área inundável identificável na morfologia do terreno* (Santos, 2009). A segunda metodologia estava, então, relacionada com as técnicas hidrológicas e hidráulicas, realizadas com base num *software amplamente divulgado e utilizado internacionalmente – o Hec-Ras*. A modelação foi feita para alguns setores do Rio Arunca, tendo por base informação altimétrica à escala 1/2000 e 1/10000, e os resultados obtidos foram comparados com os resultados do primeiro método. Calçada *et al.* (2004) também delimitaram perímetros de inundação para alguns setores de cursos de água em

Timor-Leste, com recurso ao *Hec-Ras*. Neste estudo, integraram modelos hidrológicos executados nos programas *Hec-HMS*, *HEC-Ras* e nos Sistemas de Informação Geográfica.

4. Casos práticos: Rio Arda - setor de Várzea (Arouca) e Rio Caima - setor Macinhata de Seixa/Ossela (Oliveira de Azeméis)

A aplicação das metodologias em análise não foi possível numa mesma área de estudo, de modo a facilitar a sua comparação visto que, como foi referido anteriormente, não tivemos acesso a dados de base pormenorizados no setor da Várzea que permitissem obter bons resultados. O método convencional foi utilizado como metodologia na Dissertação de Mestrado em Sistemas de Informação Geográfica e Ordenamento do Território, tendo como área de estudo o setor do Rio Arda que compreendia parte da freguesia de Várzea, em Arouca (Marafuz, 2011). Pela ausência de cartografia de grande escala neste setor e informação altimétrica de fraca qualidade, tivemos de selecionar uma nova área de estudo com disponibilidade de informação que precisávamos para aplicar o método hidrológico – hidráulico. Essa área localiza-se no setor Macinhata de Seixa-Ossela (Oliveira de Azeméis), atravessado pelo Rio Caima e cuja cartografia e a altimetria são à escala 1/2000 (equidistância de 2 metros).

Os dois métodos foram utilizados com o intuito de delimitar perímetros de inundação para os períodos de retorno de 10, 50 e 100 anos. Na figura 2 exemplificamos os resultados obtidos para o período de retorno de 100 anos, segundo o resultado obtido por cada método empregue. Comparando os mapas, observa-se que o resultado alcançado pelo método hidrológico-hidráulico (fig. 2B) é mais detalhado do que pelo método convencional (fig. 2A). Isto deve-se ao facto da delimitação dos perímetros através da segunda metodologia ser efetuada de forma expedita, e, como Velhas (1991) refere, por ser uma fase *“complexa, uma vez que os níveis alcançados pelas águas do rio em regime de cheia dependem de factores topográficos e parâmetros geométricos do leito aparente e*

da planície de inundação”. No entanto, para aumentar o rigor deste processo, foram consultadas algumas fotografias e notícias de jornais locais - Arouca. Pela figura 3 pode-se verificar os limites atingidos pela água na cheia de 12 de Janeiro de 2001, que corresponde ao setor mais a jusante visível na figura 2A.

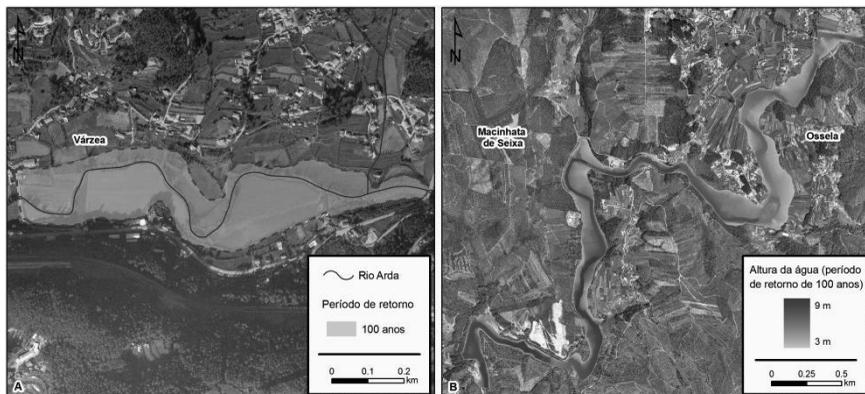


Figura 2. Perímetros de inundação para o período de retorno de 100 anos: A – Método convencional aplicado no setor de Várzea (Arouca); B – Método hidrológico-hidráulico utilizado no setor Macinhata de Seixa/Ossela (Oliveira de Azeméis).



Figura 3. Perímetro de inundação para um período de retorno de 100 anos (12/01/2001).
Fonte: Jornal Defesa de Arouca

O objetivo a que nos propusemos inicialmente tinha como finalidade uma análise comparativa na aplicação das duas metodologias em questão. Deste modo, apresentamos um quadro síntese que mostra as principais vantagens e limitações da utilização de cada método bem como os materiais e dados de base exigidos (quadro 2). Tal como se pode observar pelo quadro 2, a modelação automática conseguida pelo *Hec-Ras* possibilita obter resultados rigorosos e de forma rápida, ao contrário do que se passa com o método convencional. Na metodologia convencional conseguimos obter a cota atingida pela água em cada setor mas a sua representação é mais complexa. Os perímetros são, assim, delimitados tendo em conta os fatores topográficos, as características geométricas da planície de inundação e do curso de água, e pela consulta de notícias e fotografias sobre ocorrências de inundações nesta área, que introduzem uma visão mais realista das áreas afetadas. No que respeita aos materiais e dados de base necessários, a metodologia convencional exige mais equipamentos do que propriamente informação de base, uma vez que esta é recolhida por nós através do levantamento topográfico com a estação total e o GPS para os locais em que a visibilidade seja reduzida. Por outro lado, a segunda metodologia exige essencialmente que se tenha cartografia muito detalhada e atualizada. De referir ainda que, em ambos os métodos, é muito importante a realização de perfis transversais uma vez que, no caso do modelo convencional é a partir dos perfis traçados com a informação altimétrica levantada que se calculam os parâmetros hidráulicos necessários neste tipo de estudos. No caso do método hidrológico-hidráulico, é através dos perfis que se extraem os pontos altimétricos ao longo do seu tracejado com a respetiva cota retirada do modelo digital de terreno. Neste sentido, a morfologia do terreno que determinará a subida da água, em caso de cheia, é expressa pelos pontos “cotados” que compõem os perfis transversais e que são obtidos pelo MDT.

	Método Convencional	Método Hidrológico-Hidráulico
Vantagens	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Informação altimétrica mais precisa; ▪ Possibilidade de selecionar as fórmulas matemáticas mais indicadas para determinada bacia hidrográfica; ▪ Cotas atingidas pela água que permitem delimitar os perímetros, em função da geometria do vale (Velhas, 1991). 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Modelação automática: obtenção dos perímetros de inundação bem como a coluna de água e a sua velocidade; ▪ A morfologia é expressa pelo MDT; ▪ Obtenção automática da geometria; ▪ Processo rápido.
Limitações/Desvantagens	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Delimitação dos perímetros de inundação de forma expedita, muito dependente da morfologia do terreno; ▪ Exige um levantamento topográfico moroso; ▪ Longas séries de precipitação contínua; ▪ Subjetividade na atribuição de coeficientes de rugosidade. 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Exige cartografia muito detalhada e atualizada (mínimo à escala 1/10000); ▪ Medições no terreno para se obter a altura dos obstáculos à circulação da água; ▪ Insuficiência de dados hidrométricos (Santos, 2009) e de precipitação horária para o cálculo automático dos caudais de ponta de cheia.

Equipamentos	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Levantamento topográfico: Estação total, GPS, bússola e fita métrica; ▪ Softwares: Pathfinder Office da Trimble, AutoCad, ArcGis, Excel 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Softwares: Hec-Ras, Hec-GeoRas e ArcGis.
Dados de base	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Dados udométricos; ▪ Ortofotomapas para o reconhecimento do terreno; 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Altimetria (equidistância máxima de 5m); ▪ Planimetria; ▪ Ortofotomapas

Quadro 2. Análise comparativa entre o método convencional e o método hidrológico-hidráulico.

5. Conclusões

Embora o método hidrológico-hidráulico tenha de ser mais explorado, pode-se à partida concluir que as metodologias apresentadas podem ser utilizadas de forma integrada e complementar (Santos, 2009). Por um lado, o tempo despendido no levantamento de campo, no caso do método convencional, pode ser colmatado com a aplicação do modelo hidrológico-hidráulico, desde que haja cartografia adequada. Porém, um dos requisitos no processo desenvolvido no *Hec-Ras* é a determinação dos caudais de ponta de cheia para diferentes períodos de retorno. Pela exiguidade de dados de precipitação horária ou de longas séries contínuas de precipitação diária é difícil calcular automaticamente os valores dos caudais máximos pelo software, o que implica o recurso a fórmulas matemáticas. De salientar também que o método hidrológico-hidráulico carece de validação da cartografia e, muitas vezes, de atualizações da mesma, exigindo que se faça algum trabalho de campo.

A abordagem metodológica apresentada reflete alguns desafios que os municípios portugueses terão que enfrentar para que se obtenham os resultados estipulados pelo

Decreto-lei 115/2010, nomeadamente, os perímetros de inundação e a altura das colunas de água (cartas de zonas inundáveis). Ainda neste contexto, refere-se a falta de registo sistemático e contínuo dos episódios de cheia por parte das entidades de proteção civil, informação muito importante em estudos desta índole uma vez que há probabilidade destes eventos voltarem a ocorrer nesses locais. Com este trabalho, pretendeu-se assim, transmitir as vantagens e limitações na utilização de cada metodologia bem como os materiais necessários à sua aplicação. No futuro seria interessante aprofundar estes conhecimentos e aplicar uma “metodologia mista”, isto é, que combinasse os métodos explorados neste trabalho.

Referências Bibliográficas

- AEA (2005) – *Alterações climáticas e cheias fluviais na Europa*, Briefing nº2005-01. Agência Europeia do Ambiente. 4 pp.
- Calçada, M.; Portela, M.; Matos, J. (2004) – *Análise de cheias e delimitação de zonas inundáveis em Timor Leste – Abordagem por modelação hidrológica*. 7º Congresso da Água. Associação Portuguesa dos Recursos Hídricos. 17 pp.
- Conselho, Parlamento Europeu e do (2000) – *Directiva 2000/60/CE do Parlamento Europeu e do Conselho, que estabelece um quadro de acção comunitária no domínio da política da água*. 72 pp.
- Conselho, Parlamento Europeu e do (2007) - *Directiva 2007/60/CE do Parlamento Europeu e do Conselho, relativa à avaliação e gestão dos riscos de inundações*. 8 pp.
- Costa, da Teixeira & Lança, R. (2001) - *Hidrologia de Superfície*. Departamento de Engenharia Civil, Escola Superior de Tecnologia da Universidade do Algarve. 303 pp.
- Decreto-Lei n.º 115/2010 de 22 de Outubro. Ministério do Ambiente e do Ordenamento do Território. DR 1.ª série - N.º 206.
- Jonkman, S.N. and Vrijling, J.K. 2008. *Loss of life due to floods*. Journal of Flood Risk Management. vol. 1, pp. 43-56.
- Lencastre, A.& Franco, F. M. (1984) - *Lições de Hidrologia*. Faculdade de Ciências e Tecnologia, Universidade Nova de Lisboa. pp. 284-325
- Loureiro, J. M. (1984) - *Expressão para o cálculo do caudal máximo de cheia em cursos de água de Portugal*. Recursos Hídricos, 5. Lisboa. pp. 53-78
- Marafuz, I. (2011) – *Inundações urbanas e cheias progressivas em Arouca: casos de estudo, metodologias de análise e ordenamento do território*. Dissertação de Mestrado, Faculdade de Letras da Universidade do Porto. 136 pp.

Martins, F. (2000) - *Dimensionamento hidrológico e hidráulico de passagens inferiores rodoviárias para águas pluviais*. Departamento de Engenharia Civil, Faculdade de Ciências e Tecnologia da Universidade de Coimbra. 276 pp.

Pereira, C. (1995) – *Análise de precipitações intensas*. Dissertação de Mestrado. Universidade Técnica de Lisboa. 72 pp.

Ramos, C. (1994) - *Condições geomorfológicas e climáticas das cheias da Ribeira de Tera e do Rio Maior (bacia hidrográfica do Tejo)*. Dissertação de Doutoramento, Faculdade de Letras da Universidade de Lisboa. 520 pp.

Reis, E. (2006) - *As bacias hidrográficas das ribeiras da serra de Grândola: dinâmica hidrológica e factores condicionantes*. Dissertação de Doutoramento, Faculdade de Letras da Universidade de Lisboa. 703 pp.

Santos, P. (2009) - *Cartografia de áreas inundáveis a partir do método de reconstrução hidrogeomorfológica e do método hidrológico-hidráulico. Estudo comparativo na bacia hidrográfica do rio Arunca*. Dissertação de Mestrado, Faculdade de Ciências e Tecnologia da Universidade de Coimbra. 145 pp.

Velhas, Edite (1991) - *A Bacia Hidrográfica do Rio Leça - Estudo Hidroclimatológico*. Revista da Faculdade de Letras - Geografia. Vol. VII, 1ª Serie. pp. 139 - 251.

Ravindra Ratan*

Sustainable Livelihood Security as an important factor for Food Security in the Context of Extreme Flood Events

Abstract

Pacific Island countries are spread over a vast area of the Pacific Ocean, occupying an area over 30 million km². Smallness, remoteness and vulnerability are the major problems affecting the 22 Pacific Island Countries and Territories. The Pacific Island countries are particularly vulnerable to the impacts of global warming. Among other issues they are exposed to more intense natural hazards, such as tropical cyclones, extreme flood events, and droughts that easily can lead to disasters. In a recent report, the UN Food and Agriculture Organization alerted that such disasters can severely reduce food production in Pacific island nations and called for urgent measures to adapt to expected losses (FAO, 2008). In Social Science ideas about vulnerability to natural disasters have emerged in the past three decades following Amartya Sen's publication on famine (Sen 1981) and Robert Chambers publications on social vulnerability thereafter (Chambers, 1989). To adjust, adapt to cope or if necessary to recover from adverse events is a big challenge in Pacific Island Countries. Likewise, there is an urgent need to integrate climate change adaptation and

* Department of Geography, Geography Department, Faculty of Arts, University of Porto, Portugal

disaster risk management / reduction into national policies, strategies, programs and budgets.

This paper looks into the patterns of livelihood and food security and how it is affected by extreme flood events in Nadi, a tourist town in western Viti Levu of Fiji Islands. The question is if emigrations/ resettlement in particular cases are feasible options, e.g. for places like Nadi or even whole nations such as Kiribati or Tuvalu.

This paper is a small summary of my PhD project's pilot case study area, Nadi in Fiji Islands. The aim of the paper is to show systematically, how vulnerable can Nadi Area become during and after an extreme flood event. The final PhD thesis research question is to analysing extreme flood events and their impacts on livelihood and food security in Nadi area in Fiji.

Keywords: Climate change, extreme flood events, sustainable livelihood, livelihood and food security, Nadi Area

Introduction

In a recent report, the UN Food and Agriculture Organization alerted that natural disasters and an increase in global temperature will severely reduce the food production. In Pacific island nations and called for urgent measures to adapt to expected losses (FAO, 2008).

Climate change is a phenomenon which has shaped and will continuing shaping the physiographic and human lives simultaneously. Climate changes bring major environmental problems affecting the most of the low lying Pacific Island Countries and Territories (PICT's), which are already vulnerable to socio-economic and political factors because of the heterogeneous physiographic. As the sea level is rising and the glaciers are melting, through more natural processes rather than anthropogenic processes, the effects are now

being experienced severely in the very low lying countries in the Pacific Ocean. These low lying island countries coastal land and vegetation are high to disappearing. Climate change has direct impacts on people's life, food and water and livelihood security. Many scholars have written on climate change a food security separately, however, it is important to concentrate on the connection and correlate the impacts of climate change on food and water security. This paper concentrates on how climate changes especially the extreme events effects and impacts on food and livelihood security and what are the measures and precautions taken and implemented by the governments of the Pacific Island countries to overcome some of the severe environmental hazards such as sea level rise, tropical cyclones, floods and drought and erosion. Moreover, some of the innovative approach implemented by the Island governments is to migrate inland or to larger countries like Australia or New Zealand. However, such migration to neighbouring countries might have negative impacts on the receiving countries. Similarly, inland migration on hill and mountain areas will have negative impacts because re-developing the new landscape as settlements and towns will be costly for the developing island countries.

Pacific Ocean has vast low elevation with an open area; therefore, with high precipitation, erosion and sea level rise, the region's land areas are exposed to environmentally induced changes continually. This will have a direct implication on food and livelihood security. The impact of climate change has different influence in different Pacific islands because of their different characteristics of land size, land use, population and agriculture. With completely different environmental consequences, different Pacific island countries will require different measures to adjusting, adapting and coping

Extreme events such as flooding represent the most common type of environmental hazard which affects individual's livelihoods than any other of hazards. (Bell 1999). Flood events has no time to choose whom to affect because it can occur almost anywhere and anytime, they affect small and large areas and they can destroy houses, businesses, utilities and livelihoods. Moreover, floods claim around 20,000 lives and adversely affect 20 million individuals worldwide each year (Smith & Petley 2009). Unfortunately, several scientists

agree that climate change is likely to cause shifts in global weather pattern leading to an increase in the frequency of flood events and in their severity (Few 2003). Climate Change promises and brings forth a series of serious and negative impacts on the livelihood, food and agricultural systems in the Pacific Island Region (PIR).

Few days of field work on my own in Nadi Area, I hereby, like to present a paper which shows the context of vulnerability during and after the flood events of Nadi area. The case study was conducted to see how extreme flood events of 2012, 2009, and 1999 might change the household livelihoods. Climate change is a long-term shift in the climate of a specific location, region or planet over two different periods of time. Its effects are higher temperatures, changes in precipitation patterns, rising sea level, increase weather volatility and more frequent weather-related hazards, thence, pose risks for agriculture, food, and water supplies. The World Bank (2010) stated that climate change is expected to hit developing countries the hardest. Pacific Island countries are spread over a vast area of the Pacific Ocean, occupying an area over 30 million km². Smallness, remoteness and vulnerability are the major problems affecting the Pacific Island Countries. The heterogeneous Pacific Island countries are particularly vulnerable to the effects of climate change and thus are exposed to more frequent natural hazards, such as tropical cyclones, flash floods, and droughts. The impacts of climate change on food and livelihood security is not uniformed because of the characteristics of PICT's, which spans many different ecological, geographic, and meteorological zones. To understand one particular extreme event in the Pacific Island Countries, therefore, a case study was conducted focusing on the extreme flood events of 2012, 2009 and 1999 and how it affects the sustainable livelihood on Nadi Area, Fiji Islands.

Impact of Climate Change on Livelihood and Food Security

Climate change is a major threat to people's livelihoods and food security in the Pacific Island region. Climate change threatens those who are already in difficult and vulnerable situations. The fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC) states that there are likely impacts of climate change on agriculture, livestock and fishing, particularly in tropical and sub-tropical regions, including impacts that render people's livelihoods insecure (IPCC, 2008).

IPCC (2008) also stated that extreme events related with climate change pose a number of problems for water resource managers, including an increased risk of both coastal and inland flooding that threatens people's livelihood, water infrastructure and food systems which will certainly deter food availability, accessibility, utilization and stability.

Similarly, FAO (2008) explains that livelihood security as an important notion to food security means that if livelihood is deterred either by natural hazards or by socio-economic scenarios then the food system will be at a risk of getting insecure. According to FAO (2008), food security is not a chronic concern of the Pacific Island countries (PIC). The Pacific Islanders have so far never experienced hunger or starvation for many centuries as they have traditional methods to securing their food as compared to scenarios in parts of South Asia and Africa. Similarly, Barnett (2007) states that traditional methods practiced in Pacific Island countries include subsistence farming, trading and selling products, fishing, hunting and gathering. However, these traditional livelihood methods are being eroded by urbanizations where Pacific Islanders have made a culture of importing and consuming cheap and poor quality of food. Hence, the traditional method of securing the food is gradually eroding. Sen (1981) explained that famine is not necessarily caused due to shortage of food but due to failure of entitlement. Gregory (2005), states that while climate change is seen as most recent phenomena, individuals and societies are used to adapting to a range of environmental and socio-economic stresses.

FAO (2008) explains that livelihood is considered to be sustainable when a household is able to enhance their living standard combined with their capabilities to adapt to ecological, as well as non-natural stresses of life in maintaining their assets and passing these assets to the next generation. Moreover, it explains that it is not the household which should be able to generate and maintain the means of survival but also be able to demonstrate resilience in the face of external shocks and stresses, capacity to maintain the long term productivity of natural resources, and ability to overcome short or long term food insecurity.

Nadi Area in Fiji Islands at glance

Nadi town is the third largest conurbation in Fiji. It is located on the western side of the main island of Viti Levu. Nadi is also known as the Jetset town because it has the international airport. Along with sugar cane production, tourism is a mainstay and the backbone of the economy. The Nadi region has a higher concentration of hotels, motels, budget accommodation, night life and famous places like Martintar, Namaka, Sabeto and Votualevu than any other part of Fiji. Set in the middle of the cane field belt, Nadi is constantly on the go and never seems to sleep. However, nature plays a pivotal role in shaping the landscape of Nadi for the last few decades. While Nadi is blessed with physical, human and natural resources than at the same time the nature through its environmental process has no time to regret to wipe and whip the area's livelihood.

The reason why one has chosen western Viti Levu- Nadi Area, because flooding is one of the most widespread natural hazards in the western Viti Levu of Fiji. It poses multiple risks to human livelihoods and yet there has been trivial and puny systematic research work. It is totally adverse situation if compared to the statements made by the IPCC (2008) states that "precipitation intensity and variability have increased over most land areas. This is a result of warmer temperatures intensifying and accelerating the hydrological cycle,

leading to an increase in evaporation that causes an increase in total annual precipitation. However, evidence from climate change models suggests that precipitation events will occur less frequently, resulting in an increase in the number of extreme storm events. Climate models also project a likely increase in the intensity, wind speed, and precipitation associated with tropical cyclones and hurricanes, due to warmer ocean temperature”. Whereas for the western Viti Levu, there has been more frequent precipitation and intense storm events which led to severe flooding in the years of 1999, 2009 and in 2012 when analysed to the last severe flood in western Viti Levu in the year 1931 (Table 1). Aside this, one can distinguish four types of flooding in Nadi Area: flooding due to inadequate drainage; flooding from number of small streams within the buildup area; flooding from major Nadi River; coastal flooding.



Figure 1: Location of Fiji Islands (Source: <http://en.wikipedia.org/wiki/Fiji>) **Figure 2:** Main Islands, Rivers and Towns of Fiji Islands (Source: McGree, S; 2010)

Date	Name	Nadi town		Other	Source	Comment	Rank 1 = highest
		m a.m.s.l.	Source				
1931 Feb		?		Floods reportedly the highest and severest ever experienced in Nadi to that date; 5 ft (1.5m) deep in town, in some instances up to 9 ft deep (2.7m); Nadi River rose 35 ft (10.7m) above normal level	FNA, FTs	Description of river rise sounds too high given other levels.	?
1939 Jan		6.77?		4 ft (1.2m) deep in shops and houses.	FTs	Est. ½ ft (0.15m) lower than Oct 1972	6
1956 Jan		?		Highest flood since 1938-39; higher than 1955 flood; heavy loss of merchandise	FTs		?
1964 Mar		6.72	PWD	18 ft (5.5m) in main street	FTs	Description of depth in main street sounds too high for quoted level	7
1965 Feb		7.02?		Highest flood on record at the time and much higher than Mar 1964 flood	FTs	Est. 0.3m higher than Mar 1964	4
1972 Oct	Bebe	6.92?		4½ ft (1.4m) deep at ANZ Bank; somewhat lower than 1965; 8 ft (2.4m) in town	Harris, 1972; Blong, 1994	Est. 0.1m lower than Feb 1965	5
1982 Jan?	Hettie?	5.86	PWD	4 ft (1.2m) at Nadi bus station	Blong, 1994		
1983 Mar	Oscar	6.61	PWD	12 ft (3.7m) in the market	Blong, 1994		9
1984 Mar	Cyril	5.62	PWD	1m at the Nadi bus station	Blong, 1994		
1985 Jan	Eric	4.56	PWD				
1985 Jan	Nigel	4.74	PWD				
1985 Mar	Hina	5.38	PWD	1-2m in town	Blong, 1994		
1986 Apr	Martin	6.53	PWD	1.5m at southern end of town	Blong, 1994		10
1990 Mar	Rae	5.93	PWD				
1993 Feb	Poly	7.06	PWD	1.7m in Roshni store	FTs		3
1997 Mar	Gavin	6.66	PWD				8
1999 Jan		7.25	PWD	8 inches (0.2m) higher than 1964	Interview	1964 probably confused with 1965?	2
2009 Jan		8.05		0.8m higher than 1999 flood at Jack's of Fiji	Interview		1

Note: italics represent calculated levels based on the described information; question marks indicate poorly constrained levels.

Source: McGree, S: 2010

Evidence of climate change in Fiji

Tropical cyclones, floods and drought are notable hazards that affect Fiji. UNISDR stated high-intensity floods would become more frequent in western (UNISDR, 2012). Extreme flood events in Nadi area like 2009, used to occur every 190 years, but by 2100 it is projected that they will occur every 25 years (BNO News, 2012). Nunn (Fiji Times, 2012) stated that, “the flooding problem is going to worsen in Nadi over the next ten years and after that. This is because the sea level is likely to continue rising and the land on which Nadi is built is likely to continue sinking, and there is no evidence that either trend will halt or reverse. Dr Nunn's study of the sea level in the Nadi area shows that the sea is 25

centimeter higher in 2012 than it was in 1900. He added that data from the Fiji Hydrographic Office's Lautoka tide gauge shows that sea level has been rising in the Nadi area at a rate of three to four millimeter per year for several years. Thus Nadi, like atolls in Tuvalu and Kiribati, is becoming one of the most visible victims of global climate change in the Pacific islands (Fiji Times, 2012). Nunn also urged the Nadi Town council that there is a need to relocate the Nadi Town Area to elevated land, otherwise rising sea level along with sinking of the Nadi River Delta where Nadi sits on, will see the town underwater by the year 2030 (Fiji Times, 2012). Nadi is prone to tropical cyclones and people have been cultured to such natural hazards from the months of November to April. However, over the past one decade, Nadi along with other western towns of Fiji's main island (Viti Levu) are experiencing extreme flood events.

Floods occurrence in Nadi Area

The historical flood events of year 1999 and 2009 floods were the worst ever flood experienced over the last 7 decades in Nadi Area. Year 2009 flood was the worst ever flood hit in Fiji, where 11,458 individuals were evacuated, 11 people were including two deaths from flood related landslides in Nadi Area and economic losses exceeded F\$ 113 million (SOPAC, 2009). Both floods of 1999 and 2009 in Nadi area, the waters reached unprecedented levels and many residents were shocked to see rising waters in their area because their areas were never flooded. The floods of 1999, 2009, and including the recent flood of 2012 occurred were all extreme events. The 2012 flood was worse than 2009 and 1999 and even the water level was higher at some places in Nadi Area. Places which never used to get flood experienced flooding. 2012 flood was more devastating because there were two floods within three months of the year. The recovery of the flood events for a small economy takes time and there is no time to recover when it is continuously hit by one flood after the other.

Methodologies

The primary objective of this paper is same as to the PhD thesis major research which was to analyse and to determine the sustainable livelihood issues that play an important role in achieving “food security” at all time, during and aftermath of an extreme flood event. It is still too early for me to state in this paper whether Nadi area in Fiji experiences “transitory food insecurity risks”. Transitory food insecurity means sudden drop in the ability to grow or purchase enough food to meet basic health and activity needs (FAO, 2008). However, for this paper, one would like to show that how the flood event affected individual livelihood.

The paper investigated the Nadi area with following objectives: •To identify the drivers, patterns and challenges of livelihood and food security in the western Fiji (Nadi Area). How do extreme flood events affect the household and societies? •Investigate the manner in which socio-economic and climate change related factors affect the coastal and rural livelihoods and food security as observed through food availability, stability, access to food, food utilization and demand of accessing food. Furthermore, investigate the livelihood strategies for both formal and informal employment sectors. Here, I have chosen households in three different categories for the research project: (i)Service sector: e.g. tourism, business, industrial, teachers, doctors, vendors and etc. (ii)Fishing sector and (iii)Farming sector: pastoral, sugar cane farmers, tobacco, cash crops and etc.

Finally, analyse existing measures to maintain and increase livelihood and food security. To investigate and document the vulnerability and resilience pattern of the vulnerable households in the Nadi Area-western Viti levu, Fiji to climate change impacts in the context of livelihood and food security. Thus, develop means and measures that enhance resilience. The work will also address the possible impacts of climate change on flood occurrences in western Viti Levu, Fiji. Moreover, understand people’s awareness and perception of climate change and the options they have to respond to the changes and ways to cope with the trans-boundary impacts by adaptation from sea level rise, flood and

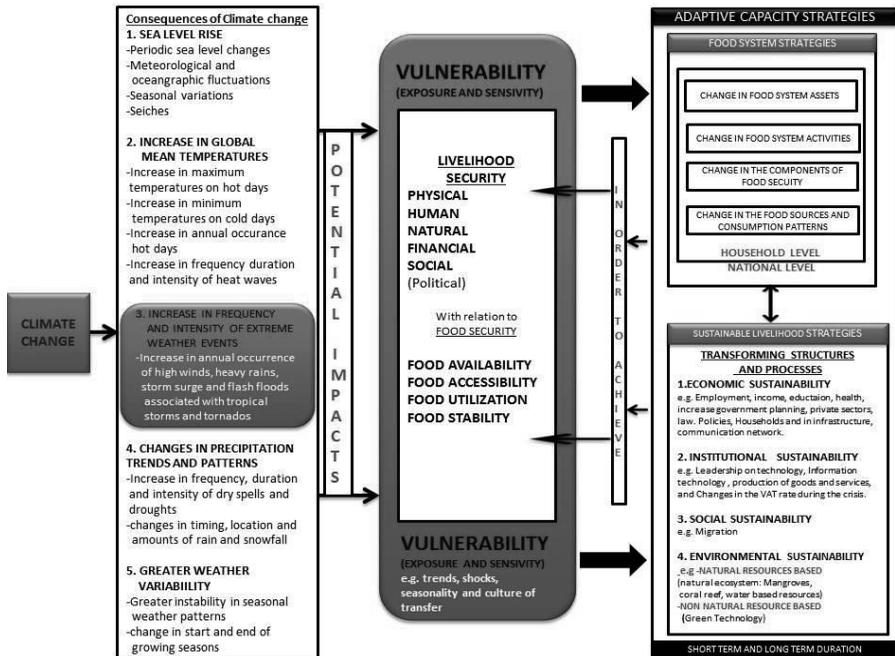
drought mitigation and response, including the benefits of floods to increasing water availability and to improving the socio-economic and ecological status of livelihood, food and water. What constitutes people’s vulnerability, how can it be measured and how can its spatial distribution be analyzed and explained.

To achieve the above objectives, one constructed a conceptual framework. Sustainable livelihood approach (SLA) to analyse the impact of floods on the affected Nadi households. As such, it relies on combination of quantitative and qualitative methods to investigate and document the vulnerability and resilience pattern of the vulnerable households to climate change impacts in the context of livelihood and food security. Here one will uses questionnaire to survey households in three different sectors: (i)Service sector: e.g. tourism, business, industrial, teachers, doctors, banking and etc.; (ii)Fishing sector, and (iii)Farming sector: pastoral, sugar cane farmers, tobacco, cash crops and etc.

Main Components and characteristics of Livelihood security with relation to food security

Human	Low levels of education make villages and their inhabitants vulnerable because it limits access to information and knowledge about dangers and threats. Public health issues related to limited primary health care facilities, consistent access to safe water resources, burial traditions, solid waste management and other sanitary concerns are a case in point. Another example is the threat of HIV/AIDS and other diseases. (This includes skills, health, formal education)
Social	Low school attendance and lack of primary and secondary schools and access to information in the villages also limit the opportunities to expand the set of sustainable livelihoods open to communities. Especially the female population has a skill set that is not easily transferable to other forms of livelihood.
Financial	Monetary poverty affects virtually all inhabitants of villages. Their asset base is very narrow and their insertion in the monetary

	economy is very weak. Poverty enhances vulnerability and reduces resilience in many ways.
Natural	<p>Its remoteness characterizes the villages. As is the case with independence and autonomy, remoteness has both positive and negative consequences in the vulnerability and resilience context. Threats and dangers from outside are mitigated by remoteness; alternative livelihood options and outside support are limited and costly. The natural habitat has its dangers for human life, such as poisoning of water and dengue fever. It also offers opportunities for sustainable livelihoods that require adequate management. Cases in point are logging and harvesting. Shifting cultivation systems and fishing, on which food security rests, are low-productivity activities that in some cases are approaching the limits of sustainability.</p> <p>To know how the natural asset is deterred by extreme flood event then one has to find out how people access to natural resources and secondly quality of the resources which they access.</p>
Physical	Human settlements have been built on road sides and riverbanks, sometimes too close to high water levels. Example: The passage from Nadi temple to Korovotu Village. Infrastructure for land transport, energy and communication is virtually absent. This enhances vulnerability in situations of both extremely high and low water levels.



Prepared by Rattan, Ravindra

Field work and interpretation

The March, 2012, January, 2012, 2009 and 1999 floods in the western Viti Levu of Fiji's main island experienced the worst flood ever recorded. The floods of 2012 are centennial floods which are supposed to take place once in 100 years. The Nadi residents are shocked with the recent floods. Residents' said that they are pretty much cultured with tropical cyclones but not with the likes like of year 2012. Tropical cyclones occur between the months of November to April in the South Pacific Island Countries. Fiji Islands physiographic is unique as it is a volcanic island. Flash floods and floods during the tropical

cyclones or hurricanes is a common trend and people now have been cultured to it. However, in the recent years, floods of March 2012, January 2012, 2009 and 1999 turned the lives of many coastal families experiencing the most destructive natural hazard. The floods of March 2012, January 2012, 2009 and 1999 not only destroyed the agricultural land, industrial areas, coastal resorts and cities but it also took lives. This time it was not a tropical cyclone but a tropical rainstorm which is an unusual natural hazard for South Pacific Island Countries. For Fiji Islands, the western Viti Levu was hit the most and cities and towns like Ba, Nadi, Tavua, Sigatoka, Rakiraki and Lautoka was hugely affected. The impact of the flood led to aftershock in Ba and Nadi town towns for many months. Hundreds of villages and thousands of houses along the coast and rivers and valleys were left with proper infrastructure for continuous two months.

According to one's research, I have found that 1999, 2009 and the recent floods in 2012 were very similar in nature as it was led by tropical rain storms and tropical depression. Last year Dr. Weber and I conducted a household survey on perception and awareness during and after a flood event. Around 100 households and 50 shops were interviewed. Furthermore, I myself conducted a household survey for few days which is major survey part of my PhD thesis. Overall, few first things, I found was that for most families, the year 2009 flood was more severe and destructive and for few families it was the year 1999 which was a nightmare. Eventually, the same areas were affected and after the 2012 flood, people are now threatened to experience another extreme event.

Figure 4 shows that Nadi is blessed with wide rivers and fertile agricultural land. However, the nature has been as severe and destructive with her natural occurrence like tropical rain storms. The Nadi rivers which were once hoped for agricultural angels are not seen as life threatening even during slight rainfall. According to the 150 interviewed households and shops, it showed how continuous rainfall for days led to flood in 1999, and 2009. According to the research in Nadi area, people stated that 1999 was a single flood event but the 2009 it was different as it was there were two floods with 48 hours. This made

people confused as there were duped and flawed by the nature's behaviour. As livelihood was picking up, then two major centurial floods struck in beginning of 2012.

Many elderly people from four different villages in the Nadi area (Saunaka, Namotomoto, Nakavu and Navoci) who were interviewed for over a month stated that they have seen some changes in the weather pattern over the last one and half decades. But when asked whether they knew what climate change, greenhouse effect, ozone layer destruction and global warming are, then they had nothing to say because these scientific terms were new to them. The village's youngsters had their own ways to explain the flood events of March 2012, January 2012, 2009 and 1999. They stated that the flood was led because of the improper drainage systems, the rivers are not properly dredged and because of the constructed of new resorts near the coastal areas which once used to be covered by lush mangroves. It was very prompt for the villages to blame the construction of resorts by overseas foreign investors and hoteliers on the coast line of Nadi area and improper ways of dredging of the Nadi River. The villagers believed that all this negative factors have led to flood of the villages. Surprisingly, most people were afraid to speak against the resorts because they are employed in the resorts with good salaries. The few villages (Saunaka, Navoci, Nakavu and Namotomoto), which were my prime area of study in Nadi, receives good amount of lease money from the resorts and hotels investors. However, if I compare with Ba area which is another flood prone town in the western Viti Levu, than Ba area has nothing like Nadi area because it is more an agricultural based and many people are of lower middle class families. Even though Nadi has agricultural belt but its major development is due to tourism and most of the people are employed in resorts and hotels. Tourism industry in Nadi area has helped many poor families to raise better standard of living.

Most of the Fijian villages are built along the coast line with beautiful sandy beaches and with patches of green mangroves. Mangroves play a pivotal role as it reduces coastal erosion. According to many elders of the village, it was clear that they have seen that the mangroves are gradually decreasing. However, the villagers do not have scientific evidence

to prove that the erosion is because of sea level rise. Few elderly villagers have stated that they have seen either the sea is coming closer to the house or the house is going towards the sea. Surely, this statement shows that the village land is eroding due to heavy rains. Few villagers said that it was all because of the weather pattern over the past two decades has changes. There has been frequent small flooding which kept on eroding the coastal land. They also blame the hotels and resorts that they are depleting the coast and this entire flood could be blocking the natural river drainage pattern. The villagers have seen huge changes in the coast marine life as it has decreased drastically. Few decades ago they were able to catch fish with arrows but now it is even more difficult to catch with nets and proper fishing gears.

Even though the elders of the villages have no literally knowledge of climate change, but they are aware that it is happening and either it is nature is punishing them for their deeds or it is led by the human activities such as construction of resorts. The shop keepers, villagers and individuals stated that over the last few years the temperature has changed a lot and the rainfall intensity and frequency has increased. The months of May and June are now much colder whereas December and January is hotter with lot of rainfalls. They gave evidence how the weather pattern has changed after the 1996-7 drought. People also gave examples of Hail in Fiji which is an uncommon occurrence though as there have been incidences in Rakiraki, Tailevu, Ba, Nadi and Vanua Levu.

The villages also explained how it was difficult to recover physically from the 1999 and 2009 flood then another two floods struck in 2012. The 1999 flood brought lot of foreign aid into the village and by the local government. However, the 2009 aid was little less and restricted compared to the 1999 aid. The villagers explained how political situation could harm then victims of the affected areas. In 1999, Fiji government was in good relationship with major international donors like Australia and New Zealand which brought lot of aid in terms of food and clothing ration, building materials and money, however, after the 2000 and 2006 coup, the relationship between Fiji Government and major aid donor became bitter which restricted full flow of financial support.

Conversely, the villages who are employed in the resorts said that the resorts supported them and their families in both 1999 and 2009 floods. The Fiji government did support in both the hazardous event but it was not enough to recover what they lost. Village chiefs stated that the village has house scheme for the last two decades to mitigate from floods occurring from tropical cyclones of heavy down pours. As the people of Fiji are aware that tropical cyclones occur between the months of November to April, and this could also lead to floods, therefore, two decades ago they had the village house scheme. The house scheme helped to build proper high raised concrete house replacing the traditional Fijian Bures (Grass thatched houses with bamboos). Unfortunately, for some high raised houses even the housing scheme could not save them from the 2012 and 2009 floods. The flood waters rose to maximum 13 feet and in some place the water level was more than 14 feet and more. The villagers realized that the housing scheme was to resist small flash flooding caused by tropical cyclone but not from tropical rain storms such as of March 2012, January 2012, 2009 and 1999.

As the whole town was destroyed, infrastructure (roads, water supply, electricity) were all disrupted, it became difficult for people to go to work and children to schools for at least a month. Cash crops, sugar cane plantations, coconut palms, tobacco farms were laid down under mud for many months and the towns haunted for weeks. The families had to switch from their normal diet to canned food and mineral supplied by the military. The shop owners stated that the damages occurred to them was in millions. Few shops had to close down forever because there was no insurance on natural hazards.

Migration

The youngsters of the village prefer to move to a new location but they at the same time understand that it is not easy to move with government's financial support. The village's elders remained steady with answers that they would not leave their forefathers

land and are not going to relocate. The villagers do believe that it is necessary to protect themselves and their children from the environmental change; however, this would be costly. The flood left the victims in trauma as most of them were destroyed in the March 2012, January 2012, 2009 and 1999 flood events. Migration itself is so expensive. The villagers could only relocate to a safer place unless the government provides them housing. Majority of the families took more than a year to recover from the flood as it gave damages to the house if compared to tropical cyclones which would be recovered much quickly. Damages caused by the flood takes much greater time compared to the damaged caused by the flood as all the infrastructure is disrupted and damaged. Few people lost their jobs like people employed in the tobacco farms as the farm itself went on loss, market vendors who sold vegetables, taxi drivers as people are not in financial status to use taxis, and doctors migrated or lost their private clinic as more people preferred government hospitals. The March 2012, January 2012, 2009 and 1999 were so drastic because according to many people it was a usual extreme event and it hit during the wrong economic period, which is recovery from recession. The world was going global financial crisis and recession, the Fiji government itself has political instability, and at the same the fuel price has risen up. All this cumulated into a destructive event.

Explaining the decline in sustainable livelihood and food system

The purpose of this case study is to explore livelihood trajectories in the context of manmade and natural disasters in Nadi area. This research is based on in depth qualitative analysis of 150 households and shops to trace out the changes in household welfare and livelihood security by severely destructive floods led by tropical depression and tropical rainstorm. The case evidence shows that majority of the households were facing declining livelihood security. Out of 100 household and 50 shops interviewed, only the chiefly households were found to cope with the crises while the remaining was declining. Nearly all

the 50 shops interviewed suffered huge loss from minimum 10 thousand dollars to millions dollars loss where the insurance company did not cover the loss.

The factors which enable coping households to maintain their livelihood security in the year 1999 floods are international remittances, wealth, more male worker, government jobs and political connections. The factors which lead to the decline of majority of case households includes low or lack of livelihood diversification, human losses and injuries/illness especially the male worker, loss or sale of livestock. However this was not the same in 2009 flood as the helping aid declined because of Fiji's political reputation with the neighbouring donor countries like Australia and New Zealand and even with other commonwealth countries. Thence, the 2006 took the membership of Fiji as a commonwealth country and with this United Nation also declined the program and project aid. The most prominent responses induced by both the crises were internal as well as external migration for work. The medium and poor households were further pushed into more vulnerable conditions. The study households received relief assistances from government, NGO, and informal sources but at different extent. However, the large number of households with declining livelihoods security indicates the inadequacy or limitations of assistance. Informal support system was weakened by the crises due to the reduced capacity of the people to extend support to each other and the people were relying to get support from their relatives, friends and non-relatives in other parts of the country.

Through the case study, it is also revealed that food insecurity issues are not only a rural phenomenon but 'dwelling' within urban fringes as well of Nadi town after a decline in the cash crops, vegetables and even supply of chicken and fish reduced vastly. Thence, this led to increase in the prices of the basic goods. Here poor suffered as more but they were able to recover much quicker but the upper middle class who houses were not insured suffered a lot.

Therefore, policy-makers and civil society need to address the reality of the problem to potentially alleviate the situation; it is now a trend for the last ten years to see frequent

severe rainstorms which leads to the flooding of the low lying coastal villages, settlements, towns, industrial areas and farming areas.

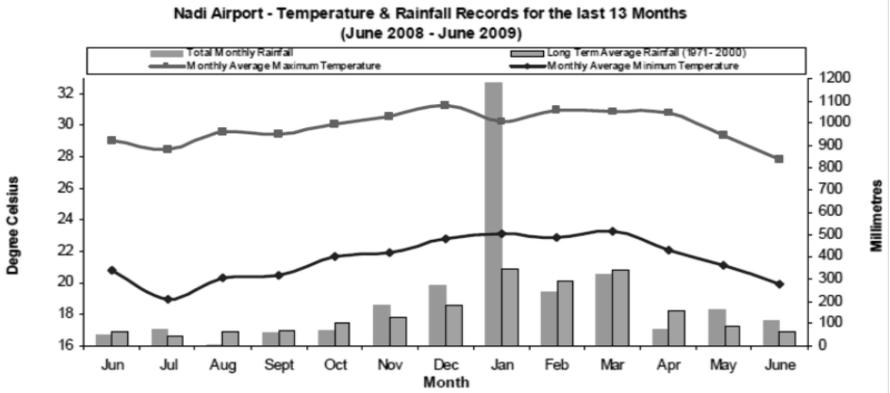


Figure 3: Temperature and rainfall of 2008 and 2009. The graphs shows that Nadi area experienced more than average rainfall in the month of January which led to devastating extreme flood of year 2009. Five days of continuous rain in 50 years. (Source: McGree, S; 2010)

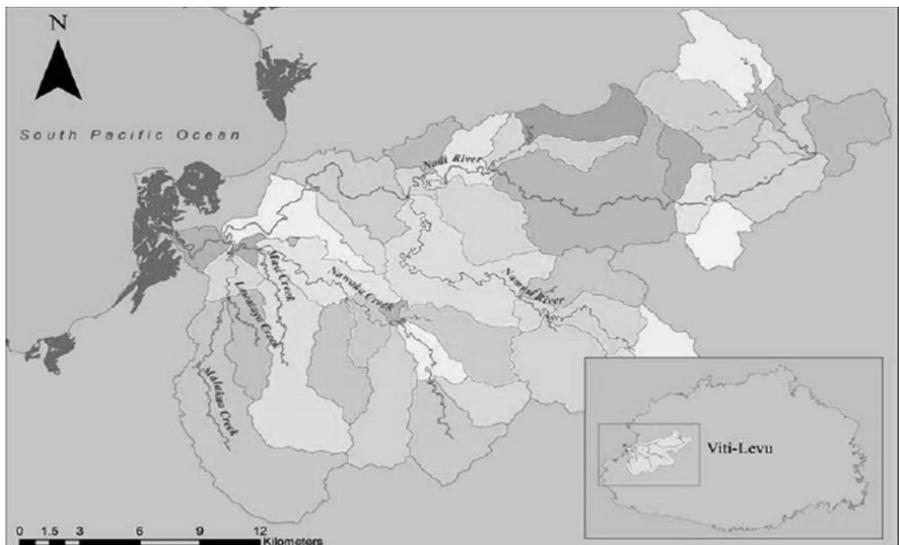


Figure 4 Nadi River Basin and Catchment (Source: Paquette, J: 2011)

The primary field work stated that the Nadi Area experienced continuous and heavy rain from 8 to 15 January 2009 and included periods of exceptional intensity. Nearly the same households were flooded as in 1999 but when compared; the year 2009 flooding affected more coastal houses, shops and industries. People also remembered and stated that the extent and depth of flooding in Nadi was the worst from 1999 flood.

The table 1 also shows that the flood of year 2009 was severe ever flood recorded since 1931. However, there were no proper records made in 1931 which could show that it was even worse than 20012 or 2009. One reason why 2012 flood is recorded as the worst flood is because more people are now residing along the Nadi river catchment. The population is continuously rising because Nadi is the gateway for tourism. Most of the people are employed in resorts/ hotels; in the British Tobacco factory; Nadi International and most of the people are either sugar cane or cash crop farmers. Recent flooding had directly or indirectly affected 150,000 people (roughly one-sixth of the population) through disruption of communications and access to food and clean water. Affected areas suffered damage to roads, schools, medical facilities, water and sanitation facilities, and crops. Commercial enterprises were particularly badly hit in Nadi. Similarly, damage to sugarcane, which is also one of the largest contributors to the GDP, reduced the quantity of sugar for export, further constraining the economy. People also stated that the 1999 flooding took less time to recover then 2009 flooding because there was less foreign aid in terms of money, food and building materials from neighboring countries like Australia and New Zealand. People stated that 2006 military coup in Fiji was the main reason for the decline on foreign aid. In both the floods, livestock's, poultry farms and vegetable farms were damaged. Thence, prices of vegetables and the meat increased and it made people to rely heavily on government rations.

Some people also lost their jobs forever because the places they used to work were completely destroyed. Few shopkeepers lost entirely everything such as jewelry shops, restaurants and book shops. Conversely, few shops and people benefited after the flood such as the repairing cars shops, cleaner, plumbers and carpenters. The village headmen

of some villages said that some people prefer to shift to elevated lands but they are restricted from financial constraints.

Conclusion

The case study shows that majority of the households were facing declining livelihood security from the year March 2012, January 2012, 2009 and 1999. Many worker lost jobs because of the shutting down of foreign invested resorts and hotels; international aid reduced because of the 2006 military coup and farmers lives have more miserable because farms are no longer suitable for farming. Nadi's sustainable livelihood has been economically challenged because there are financial constraints to cope up with one after the other extreme flood events both by the Fiji government and International aid. "To move or not to move", that is the question within the minds of the people of Nadi Area because the research shows that there is a need to relocate the Nadi town area to elevated land. As I have mentioned at the beginning of this paper the the analysis and interpretation are based on auxiliary data and for few days of field work.



Photo 1: Nadi Residential Area: 2012 flood



Photo 2: Fijian Village in Nadi: 2009 flood



Photo 3: Nadi Town: 1999 flood

Acknowledgements This paper would like to thank my PhD supervisors, Professor Fantina Tedim, PhD Supervisor, Department of Geography, Faculty of Arts, University of Porto, Portugal and Dr. Eberhard Weber, Primary Supervisor, School of Geography, FSTE, University of the South Pacific, Fiji for their helpful comments. Above all, I would like show my kind appreciation to the anonymous people of Nadi area that helped me with facts and figures so that I could write a paper for CEGOT .

Bibliography

- Barnett, J. 2007. Food Security and climate change in the South Pacific, Pacific Ecologist Advisory Panel, Journal of Pacific Ecologist, 32-36.
- Bankoff, G. 2003. Cultures of Disaster: society and natural hazard in the Philippines. Routledge Curzon, London.
- Bell, F.G., 1999. Geological Hazards, London and New York: E & FN Spon.
- BNO News, Monday, February 6th, 2012 at 1:48 am. 'UN calls for preventive measures as heavy rains threaten Fiji'.
- Bohle, H.G., Downing, T.E. and Watts, M. 1994. "Climate Change and Social Vulnerability: Toward a Sociology and Geography of Food Insecurity". *Global Environmental Change*, 4(1): 37-48.
- Bohle, H.-G., and Watts, M. 1993a. "Hunger, Famine and the Space of Vulnerability." *GeoJournal* 30 (2): 117-125.
- Bohle, H.-G and Watts, M. 1993b. "The Space of Vulnerability: the Causal Structure of Hunger and Famine". *Progress in Human Geography* 17 (13-67): 4
- Campbell, R.J. 2006. Traditional disaster reduction in the Pacific Island communities. GNS Science Report, 2006/038 46p.
- Chambers, Robert. 1983. Rural Development: Putting the Last First. Essex et al.
- Chambers, Robert. 1989. Vulnerability, Coping and Policy, Institute of Development Studies (IDS) Bulletin 20 (2):1-17.
- Few, R., 2003. Flooding, vulnerability and coping strategies: local responses to a global threat. *Progress in Development Studies*, 3,1(2003), p.43-58.
- Fiji Times, Sunday, April 15, 2012. 'Nadi underwater by 2030'.
- Food and Agriculture Organization (FAO). 2008. Production yearbook. Rome: FAO
- Ford, J. D., B. Smit. 2004. A Framework for Assessing the Vulnerability of Communities in the Canadian Arctic to Risks Associated with Climate Change. *Arctic* 57(4):389-400.
- Gregory, J., J. S. Ingram and M Brklacich. 2005. Climate Change and Food Security. *Philosophical Transactions of the Royal Society, B* 2005 360, 2139-2148.
- IPCC; 2008. Climate Change 2007: impacts, adaptation and vulnerability. Contribution to Working Group II to the fourth assessment report of the intergovernmental panel on climate change. Cambridge University Press, Cambridge.
- Kumar, M. 2007. The Impacts of Climate Change on people and food, USP, Fiji.
- McGree, S, Yeo, S, 2010. 'Flooding Impacts in Fiji Between 1840 AND 2009'. Fiji
- Paquette, J. 2011. A GIS APPROACH TO FLOOD MODELLING AND MITIGATION IN WESTERN VITI-LEVU, FIJI ISLANDS
- Sen, A. K. 1981. Poverty and Famines. An Essay on Entitlement and Deprivation. Oxford.
- Sharma, K.L. 2006. Food Security in the South Pacific Island Countries with Special Reference to Fiji Islands, Research paper No. 2006/ 68. Suva: USP.
- Smith, K. & Petley, D.N., 2009. Environmental Hazards: Assessing risk and reducing disaster 5th ed., Routledge.
- SOPAC, 2009. 'Nadi Floods, Economic Cost January 2009-SOPAC Technical Report 426'. Fiji
- UNISDR, 2012. <http://www.unisdr.org/archive/25014>
- USDA. 2008. Household Food Security in the United States. Economic research Service, USA.
- World Bank, 2010. 'The World Bank Annual Report-Year in Review'. New York.

Hugo Teixeira¹

A zona de falha Verín-Régua-Penacova: estado atual do conhecimento geomorfológico e novos desafios de interpretação

Resumo

Este artigo consiste no estabelecimento das orientações iniciais relativamente à fundamentação e pesquisa bibliográfica, que irá servir de ponto de partida para um trabalho mais detalhado na área da Geomorfologia Tectónica e das implicações na gestão do território.

Ao longo desta reflexão, abordamos o contexto morfotectónico geral da Península Ibérica com destaque para as principais estruturas que apresentam indícios de movimentação tectónica fini-cenozóica. Realiza-se também uma exploração da cronologia das principais obras científicas que abordam o estudo da geomorfologia, da (neo) tectónica, da geologia e da sismicidade, aplicadas à zona de falha Verin-Régua-Penacova. São também elencadas as novas ideias conduzidas pelos autores espanhóis De Vicente & Vegas (2009), relativamente às principais estruturas tectónicas da Península Ibérica. O contexto geotectónico atual da FVRP é evidenciado através dos dados resultantes das pesquisas e leituras bibliográficas, de onde resultou o mapa que representa o

¹ Phd Student, Departamento de Geografia, Faculdade de Letras da Universidade do Porto. e-mail: hugi.teixeira@gmail.com

enquadramento morfotectónico e geológico da área de estudo. Isto permitiu entender a organização morfológica do relevo neste sector bem como a questão das nascentes hidrotermais, e/ou da sismicidade histórica e instrumental.

Palavras-Chave: Falha Verín-Régua-Penacova; Geomorfologia Tectónica; Neotectónica, Tectónica Activa.

Abstract

This article is essentially to establish guidelines regarding the rationale and initial literature search, which will serve as a starting point for extensive work in the field of tectonic geomorphology and planning.

Throughout this discussion, we address the general morph-tectonic context of Iberian Peninsula, highlighting the main structures which exhibit signs of fini-cenozoic tectonic movements. It also conducted an exploration of the chronology of the major works that address the scientific studies which treat the geomorphology, the (neo) tectonics, geology and seismicity, applied to the fault zone Verín-Régua-Penacova. We also analyzed the new ideas led by spanish authors De Vicente & Vegas (2009), which define the main tectonic structures of the Iberian Peninsula. The tectonic context of the current FVRP was produced using data from the research and literature readings, which resulted in the map that represents the morphological and geological framework of the study area. This allowed understanding the morphological organization of the relief in this sector as the issue of hydrothermal springs, and / or historical and instrumental seismicity.

Keywords: Verín-Régua-Penacova fault Tectonic Geomorphology; Neotectonics; Active Tectonics.

1. Introdução

A geomorfologia tectónica consiste no estudo da morfologia do relevo cuja génese e evolução é causada, essencialmente, por deformação tectónica (Burbank & Anderson, 2001; Keller & Pinter, 2002). Atualmente, tem sido um tema bastante debatido e tratado nos media, por exemplo, com a constante atividade sísmica que se vive no Norte de Itália (USGS, 2012), assumindo imenso interesse científico e alarme social, em relação às condições de segurança das populações. Daí, deriva que conhecendo a influência que a tectónica tem sobre a dinâmica do relevo, pode-se determinar ensinamentos que melhorem os processos de planeamento e ordenamento do território (Teixeira, 2011).

A comunidade científica ibérica (Cabral, 1995; Pérez, 2002; De Vicente & Vegas, 2009) tem enveredado sobretudo por estudos que contemplem no seu conjunto, a Geomorfologia, a Sismotectónica e a Hidrografia, desenvolvendo para isso, trabalhos centrados nos grandes acidentes tectónicos da Península Ibérica, como são caso disso as Falhas Messejana-Plasencia ou Bragança-Vilariça-Manteigas.

A zona de Falha Verin-Régua-Penacova, segundo Baptista (1998), corresponde a uma estrutura ativa do tipo strike-slip fault (figura 1), assumindo-se como uma falha importante inserida no contexto tectónico da Península Ibérica. Segundo De Vicente & Vegas (2009), a movimentação que esta falha apresenta durante o final do Cenozóico, é essencialmente um desligamento esquerdo. Realça-se ainda o facto desta importante estrutura crustal estender-se, superficialmente, ao longo de cerca de 250 km desde a povoação de Verín, em Espanha, até à vila de Penacova (Cabral, 1995; Sequeira et al., 1997). A nível geológico, este território insere-se na Zona Centro Ibérica (ZCI), a qual segundo Coelho (1990), faz parte do grande Arco Ibero-Armoricano, sendo essencialmente constituída por terrenos Paleozóicos deformados, fortemente metamorfizados e intruídos pelos granitóides hercínicos (Ribeiro et al., 1987). De acordo com Pereira et al. (1992) a ZCI faz parte do Maciço Ibérico e é constituída principalmente por rochas do proterozóico e paleozóico.

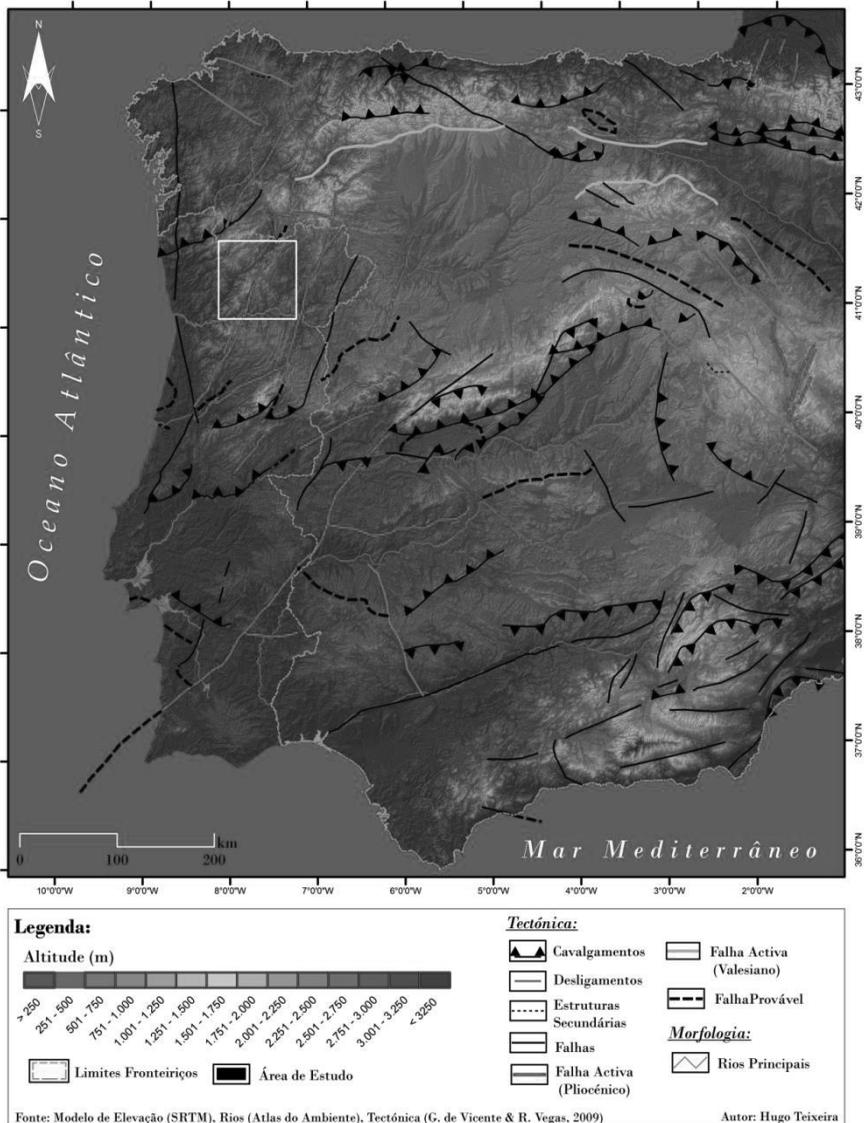


Figura 1 – Contexto morfotectónico geral da Península Ibérica com destaque para as principais estruturas que apresentam indícios de movimentação tectónica finicénica

Este artigo pretende ser, essencialmente, uma reflexão metodológica que tenta estabelecer um ponto de situação relativo à investigação geomorfológica e tectónica que se realizou sobre a falha Verin-Régua-Penacova. Assim, será feita uma análise das obras principais que se publicaram sobre o tema, salientando-se a importância que os autores atribuem aos condicionamentos de ordem estrutural na evolução do relevo da área.

Para além disso, pretende-se dar um pequeno contributo na interpretação e análise da morfologia atual face ao condicionamento tectónico forçado pela falha Verin-Régua-Penacova (FVRP).

2. Metodologias

Neste ponto, enumeramos as duas abordagens metodológicas fundamentais que nos serviram de apoio na reflexão e na sustentação dos resultados que apresentamos.

A primeira metodologia adotada centrou-se na utilização dos Sistemas de Informação Geográfica, nomeadamente, para a produção de alguns mapas temáticos (Figuras 1 e 5A e B). Na elaboração destes mapas usou-se: o modelo altimétrico proveniente dos dados SRTM (<http://srtm.csi.cgiar.org/>), obtendo daí, um modelo digital de elevação da Península Ibérica (Figura 1); informação vetorial nas escalas 1/200000 (geologia) e 1/25000 (curvas de nível, rede hidrográfica), para se retratar a morfologia numa escala mais detalhada (Figura 5a e B). Ainda se usaram alguns dados provenientes do Atlas digital da Agência Portuguesa do Ambiente (<http://sniamb.apambiente.pt/webatlas/>), tais como, as nascentes termais e os rios principais (Figura 5B).

A outra metodologia seguida consistiu na pesquisa e recolha bibliográfica, fundamental para aprofundar o conhecimento da temática em estudo, tanto ao nível teórico como aplicado. Estabelecemos por isso como objetivo, estabelecer uma análise

bibliográfica que ilustre de modo sintético as principais ideias veiculadas pelos diferentes autores que abordam a temática, com especial incidência sobre a nossa área de trabalho, a zona de falha Verín-Régua-Penacova.

3. Trabalhos Anteriores

Não são muito abundantes os estudos geomorfológicos sobre a área que abrange o sector relativo à falha Verín-Régua-Penacova, porém evidenciaremos a evolução (figura 2) das ideias principais e o avanço que houve para o conhecimento.

Com efeito, o primeiro autor a abordar as questões relacionadas com este acidente tectónico foi Rêgo Lima (1892) e numa fase posterior, H. Lautensach (1932 in Ribeiro et al., 1987), o qual, descreveu no essencial a morfologia da região e concluiu que a profusão de nascentes termais ao longo destes lineamentos tectónicos sustentava tratar-se de falhas importantes, elaborando ainda uma das primeiras cartas de sismicidade desta área.

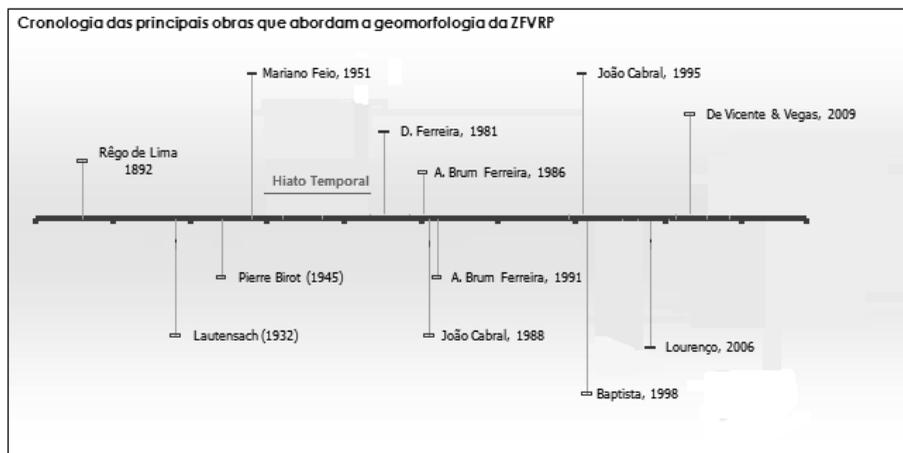


Figura 2 – Cronologia das principais obras que abordam a temática da geomorfologia da zona de falha Verin-Régua-Penacova.

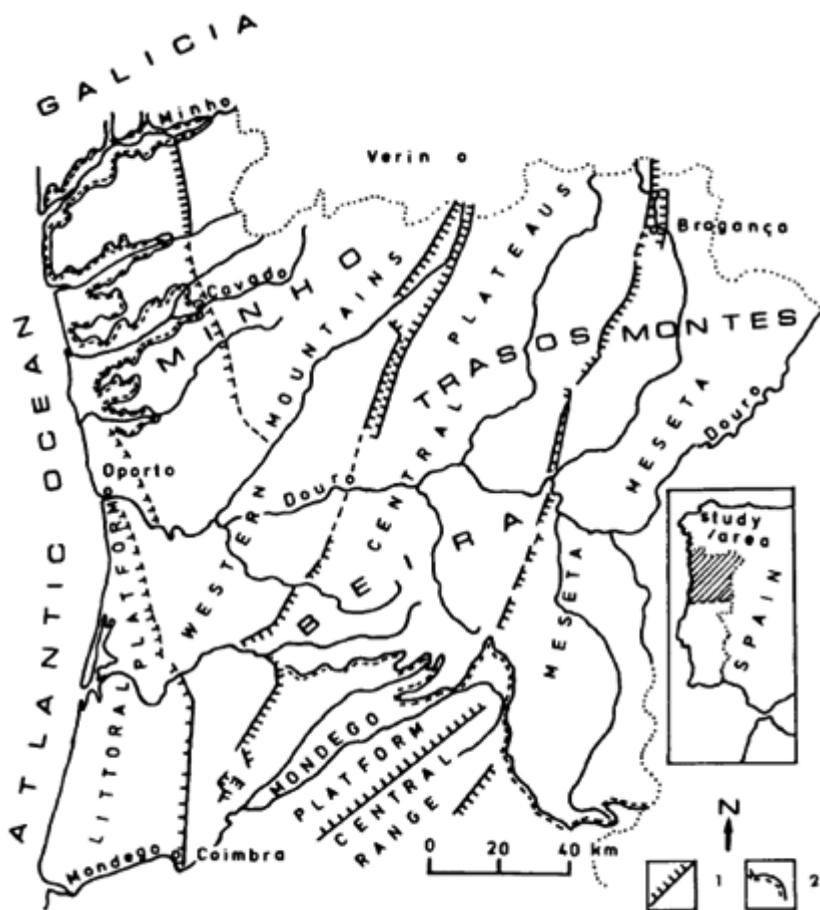
Birot (1945) publicou um estudo importante, no qual avançou com ideias e conhecimento acerca desta região tectonicamente controlada pela falha. Foi também o primeiro a reconhecer, e a distinguir as bacias sedimentares existentes nesse território, como a bacia de Chaves e a de Pedras Salgadas.

Feio (1951) nas suas notas geomorfológicas reúne uma compilação de ideias de distintos autores bastante relevante, conseguindo com isso realizar uma descrição detalhada e actualizada das mais variadas formas morfológicas presentes nesta região.

A autora D. Ferreira (1981), publica a notícia explicativa da carta geomorfológica de Portugal, e com isso acrescenta novos conhecimentos científicos acerca deste território, interrompendo um hiato temporal com uma duração de 30 anos.

Ferreira (1986), com o seu estudo acerca da depressão Chaves-Verín, contribuiu com novas achegas para o conhecimento geomorfológico, definindo superfícies de aplanamento e acidentes tectónicos, bem como caracterizando detalhadamente esta importante bacia sedimentar. Faz uma de igual forma, uma caracterização geomorfológica, no entanto, adiciona-lhe um enquadramento geodinâmico, identificando as diferenças regionais ao nível das formas do Neogénico e do Quaternário (Ferreira, 1991). Acrescenta ainda que a falha Verín-Régua-Penacova se trata de um desligamento tardi-hercínico, responsável pela organização das formas de relevo do norte de Portugal. Afirma ainda no seu artigo que foi ao longo deste acidente que se desenvolveu um importante sistema de horst e grabens durante o terciário e o quaternário (Ferreira, 1991).

Com o esboço morfotectónico que o autor supracitado elaborou, fica expressa a ideia que são as duas principais falhas do norte de Portugal - FVRP e FBVM, as estruturas que separam as grandes formas de relevo que o autor classificou de Montanhas Ocidentais a oeste, os Planaltos Centrais e a Meseta a leste (figura 3).



1. Fault scarp; 2. erosion scarp.

Figura 3 – Esboço neotectónico do Norte de Portugal (extraído de: Ferreira, 1991)

No que diz respeito às ideias de Cabral (1995), estas atestam o que já tinha sido referido por Ferreira, na qual se explica que existem inúmeras evidências de que esta falha pode ter sido reactivada após a orogenia varisca e que controlou parcialmente o desenvolvimento conjunto dos relevos que constituem as “Montanhas Ocidentais”, e ainda

o alinhamento das depressões tectónicas de Chaves e de Vila Real. O autor acrescenta que a existência destas depressões tectónicas alinhadas ao longo do traçado da falha sugere a presença de bacias de desligamento (Vila Real, Telões, Pedras Salgadas e Chaves) associadas a uma componente horizontal de movimentação naquela estrutura.

Relativamente a este tipo de falha liga-se, também, a questão do hidrotermalismo, considerando-se que para além das inúmeras evidências estruturais, este fenómeno hidrogeológico constitui uma importante prova de reactivação neotectónica (Choffat, 1918; Calado, 1989 in Cabral, 1995), já que tradicionalmente o papel das falhas em meios fissurados é visto como o processo privilegiado para a circulação de águas subterrâneas e obviamente, também, de recursos hidrominerais (Carvalho, 2006). No entanto de acordo com Carvalho (2006) importa não esquecer que este método, só tem alguma consistência em áreas com substrato litológico não sedimentar, pois em áreas sedimentares o aparecimento de água à superfície pode estar associado a diferenças de porosidade e/ou permeabilidade.

Relativamente ao artigo elaborado por Sequeira et al. (1997), este traz novidades relacionadas com os rejogos em contexto morfotectónico da região de Espinhal-Coja-Caramulo. Afirmam também que a falha Verín-Régua-Penacova foi muito importante na medida que teve um papel fundamental na génese da topografia contemporânea.

Baptista (1998) relaciona também a questão das águas e da sismicidade com o condicionamento tectónico. Afirma que os epicentros dos sismos históricos poderão estar directamente relacionados com as estruturas de direcção NNE-SSW, e que a sismicidade instrumental nas áreas de Chaves e Régua estará relacionada com a circulação de fluidos na crosta, sendo controladas pelo actual campo regional de tensões tectónicas, atestando assim, que se trata claramente de uma estrutura característica de tectónica activa.

O estudo recente de Lourenço (2006), focalizado sobre a bacia de Telões, contribuiu para reconhecer a geologia estrutural de uma forma mais detalhada desta pequena bacia sedimentar, em particular, no que se refere à sua caracterização em profundidade.

Recentemente, novas ideias trazidas por De Vicente & Vegas (2009), sustentam que os desligamentos da Vilarça e da Régua, foram submetidos à reativação por forças compressivas (figura 4) e que, nas fases fini-terciárias estas atuaram segundo direções NW-SE e NE-SW, forçando um encurtamento crustal da Península Ibérica, parcialmente compensado a oeste, pela ativação dos desligamentos esquerdos da FVRP e FBVM. Estas grandes estruturas estão limitadas no relevo atual, a norte pelos Montes Cantábricos e a sul pela Falha Porto-Tomar e patenteiam na sua terminação, várias frentes de cavalgamento em forma de horse tail.

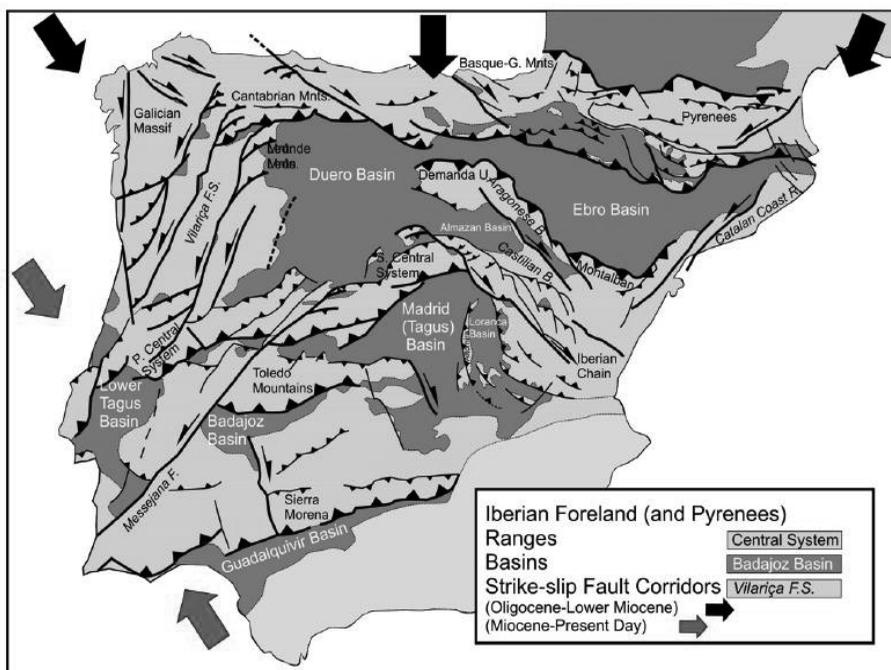


Figura 4 – Principais estruturas tectónicas da Península Ibérica (extraído de: De Vicente & Vegas, 2009)

Em suma, na área estudada e segundo Cabral (1988, 1995) há claros indícios de neotectónica, o que estará directamente ligada à questão da movimentação recente,

revelando que os eventos sísmicos poderão suceder-se com mais frequência, pela reativação de acidentes estruturais antigos.

4. O contexto geotectónico atual da FVRP

Um dos principais problemas que enfrentam, atualmente, os investigadores destes temas é sem dúvida a questão de considerar uma falha ativa ou inativa e, decorrente disso, a avaliação da suscetibilidade sísmica do território e da sua perigosidade sísmica. Por isso, os resultados aqui apresentados consistem sobretudo na clarificação de alguns elementos fundamentais que permitirão avançar no estudo da falha Verín-Régua-Penacova, numa perspetiva de Geomorfologia Tectónica moderna, tentando perceber o que já está feito, e o que se pode potenciar com as investigações futuras. Assim, elaborou-se um mapa que representa o enquadramento morfotectónico e geológico da área de estudo contendo grande parte dos dados resultantes das pesquisas e leituras bibliográficas (Figura 5), como a questão das nascentes hidrotermais, ou da sismicidade histórica e instrumental (Baptista, 1998; Catálogo Sísmico IGN, 2012).

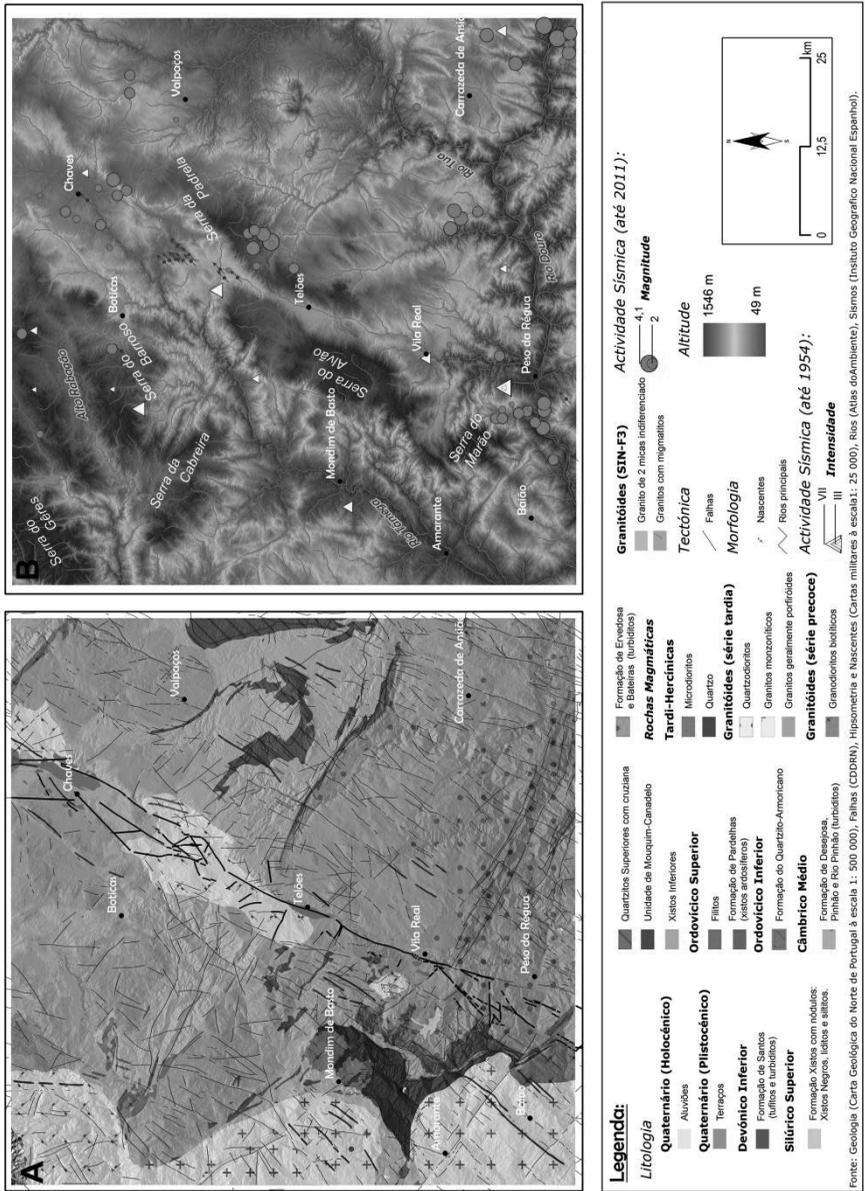


Figura 5 – Enquadramento hipsométrico e geológico da área de estudo

Analisando a figura 5, podemos comprovar que a falha Verín-Régua-Penacova, é responsável pela organização morfológica do relevo neste sector, o que se manifesta pela disposição alongada que os relevos montanhosos ocupam ao longo do sulco topográfico contínuo que as áreas deprimidas ocupam desde Chaves até ao encontro do Douro, na Régua.

A FVRP é originariamente, tardi-hercínica e apresenta um deslocamento máximo relativamente ao soco hercínico rondando os 3,4 km (Cabral, 1995; Baptista, 1998). Segundo os mesmos autores, estas falhas foram reactivadas, comportando-se como uma zona de transferência da tensão e deformação entre as montanhas da Cantábria e do Sistema Central desde a Orogenia Pirenaica.

Efetivamente, há um número de evidências geomorfológicas, estruturais e tectónico-sedimentares que provam que estas falhas foram reactivadas após a orogenia Hercínica até ao Quaternário (Cabral, 1995, Sequeira et al, 1997; Baptista, 1998). Se repararmos na figura 5B, estão também representados os abalos sísmicos, bem como, as nascentes termais, elementos que aludem a sinais evidentes de atividade tectónica. Trata-se claramente de uma estrutura activa, que tem gerado sismos, uma parte já registada de forma instrumental (figura 5B). Todavia, a aparente reduzida frequência, mascara um potencial destrutivo forte, devido à ocorrência de alguns abalos importantes, com intensidades de V até VII na escala de Mercalli. Algumas povoações da região, nomeadamente, Vila Real em 1875 e 1952, e Caldas de Moledo em 1910 foram as que mais sofreram com estes abalos. A ocorrência deste tipo de sismos demonstra que esta região estruturalmente controlada pela deformação tectónica, apresenta um potencial de elevado risco sísmico, e isto, assume maior relevância quando nos deparamos com um território que abarca cidades importantes como Vila Real (50 000 habitantes), e Chaves (45 000 habitantes). Contudo, estes grandes sismos podem ficar marcados no registo geológico mediante estruturas e/ou depósitos sedimentares (Baptista, 1998). Portanto, o carácter sismogénico duma falha pode ser demonstrado e os parâmetros que descrevem o

seu ciclo sísmico podem ser obtidos, e assim, torna-se necessário incluir este tipo de registos em estudos geológicos no âmbito da protecção civil. Assim, é importante desenvolver no futuro desenvolver um estudo multi-escalar de geomorfologia tectónica da falha Verín-Régua-Penacova, para caracterizar o seu potencial sismogénico e determinar a distribuição espacial da susceptibilidade do território aos efeitos sísmicos, dado que nesta falha é reconhecida atividade neotectónica (Cabral, 1995). O objectivo geral desse trabalho será o de compreender a geomorfologia tectónica da FVRP - sector Verín-Régua, executando uma investigação que liga a geomorfologia à sismologia, visando a caracterização da atividade tectónica e a dedução de parâmetros que estabeleçam o potencial sísmico do território, assim como, a avaliação dos seus efeitos nos elementos vitais da área (barragens, rodovias, hospitais...). Relativamente à gestão do território, pretende-se identificar/reconhecer as áreas mais susceptíveis aos efeitos sísmicos face à sua ocorrência, e identificar/inventariar os elementos vitais expostos. Para isso, é vital criar um índice de susceptibilidade que estime a influência do efeito de sítio na propagação das ondas sísmicas e que seja usado na geração de mapas de susceptibilidade sísmica.

5. Conclusões

Neste artigo, concluímos que existem vários estudos científicos de base acerca da importante zona de falha Verin-Régua-Penacova e sobre o território tectonicamente condicionado pela mesma. Os estudos são descontínuos no tempo, mas os vários autores avançaram sempre com novas ideias, existindo entre eles alguma complementaridade científica.

No entanto apesar destas investigações, o conhecimento geomorfológico detalhado continua por fazer, nomeadamente, em termos de verificação/interpretação da sua ligação à tectónica ativa. É certo que esta estrutura tectónica apresenta um potencial sismogénico elevado, mas carece de estudos mais direccionados, ou seja, de pesquisas que

estabeleçam a distribuição espacial da suscetibilidade do território aos efeitos sísmicos. Em suma, por se tratar de um acidente tectónico muito importante e por ter actividade neotectónica reconhecida (Cabral, 1995), existe uma multiplicidade de factores que caracterizam as evidências morfo-tectónicas da região e que urge investigar.

A inventariação dos elementos vitais do território é igualmente necessária, para perceber como podem ser afectadas estas infra-estruturas no caso de ocorrência de um sismo, numa área que pelas condições estruturais que apresenta, tem um potencial sismogénico elevado.

Bibliografia:

- Baptista, J. (1998) - *Estudo neotectónico da Zona de Falha Penacova-Rêgua-Verín*. Tese de Doutoramento, Universidade de Trás-os-Montes e Alto Douro, 346 p.
- Biro, P. (1945) – Sur la morphologie de Trás-os-Montes, Vallée supérieure de Tâmega, Bulletin de l'Association de Géographes Français, nº 173-174, Nov. Déc. Paris, p. 108-120.
- Burbank, D., & Anderson, R. (2001) - *Tectonic Geomorphology*. Ma, Usa: Blackwell Science, 287p.
- Cabral, J. (1995) - *Neotectónica em Portugal Continental*. Lisboa, Memórias do Inst. Geol. E Mineiro, nº31, 265p.
- Cabral, J., & Ribeiro, A. (1988) - *Carta neotectónica de Portugal Continental, escala 1/1.000.000*. Lisboa: Serviços Geológicos de Portugal, Dep. Geol. da FCUL.
- Carvalho, J. (2006) - *Prospecção e Pesquisa de recursos hídricos subterrâneos no maciço antigo Português*. Tese de Doutoramento. Universidade de Aveiro, 292p.
- Coelho, J. (1990). Os "Skarns" cálcicos, pós-magmáticos, mineralizados em scheelite do Distrito Mineiro de Covas V. N. de Cerveira, (Norte de Portugal). Tese de Doutoramento. Universidade do Porto, 345 p.
- De Vicente, G. & Vegas, R. (2009) - *Large-scale distributed deformation controlled topography along the western Africa-Eurasia limit: Tectonic constrains. Tectonophysics*, nº 474, pp. 124-143.
- Feio, M., (1951) - *A depressão da Rêgua-Verín*, Comunicação dos Serviços Geológicos de Portugal, Lisboa, p.5-46.
- Ferreira, D. B. (1981) – *Carte geomorphologique du Portugal*. Memórias do centro de estudos geográficos. Universidade de Lisboa. 51 pp.
- Ferreira, A. B. (1986) – *A depressão de Chaves-Verín. Novas achegas para o seu conhecimento geomorfológico*. Estudos em Homenagem a Mariano Feio. Centro de Estudos Geográficos da Universidade de Lisboa. pp. 199-222
- Ferreira, A. B. (1991) - *Neotectonics in Northern Portugal. A geomorphological approach. Z. Geomorph. N. F., Suppl. 82, pp. 73-85.*
- Keller, E., & Pinter, N. (2002) - *Active Tectonics: Earthquakes, Uplift, and Landscape*. 2nd edition Prentice Hall: Upper Saddle River, NJ. 362 p.

- Lima, R. (1892) – Reconhecimento geo-hidrológico de Chaves. Lisboa.
- Lourenço, J.N. (2006) - *Contribuição para o conhecimento do modelo geológico-estrutural da Bacia de Telões por métodos geofísicos integrados*. Dep. Geologia, Univ. de Trás-os-Montes e Alto Douro Tese de Doutoramento, 557 p.
- Ribeiro, O. & Lautensach, H. (1987) - *Geografia de Portugal. A posição Geográfica e o Território*. Organização, comentários e actualização por Suzanne Daveau, Vol1. Edições João Sá da Costa., Lisboa. 336p.
- Pereira, E., et al (1992). *Carta Geológica de Portugal e Notícia Explicativa da Folha 1 (à escala 1:200000)*. Serviços Geológicos de Portugal. Lisboa.
- Pérez, M. P. V. (2002). *Cinemática Terciária y Cuaternaria de la falla de Alentejo-Plasencia y su influencia en la peligrosidad sísmica del interior de la península Ibérica*. Tesis Doctoral, Universidad Complutense de Madrid, 343 p.
- Sequeira, A.; Cunha, Pedro P; Sousa, M.B. (1997) - *A reactivação de falhas, no intenso contexto compressivo desde meados do Tortoniano, na região de Espinhal-Coja-Caramulo (Portugal Central)*", *Comun. Inst. Geol. e Mineiro*, 83, pp. 95 - 126.
- Teixeira, H. (2011) – *Geomorfologia Tectónica e implicações no ordenamento do território: Metodologias de análise aplicadas no estudo da falha do rio Fornelo*. Dissertação de Mestrado, Faculdade de Letras da Universidade do Porto, 139 pp.
- USGS (2012) – *M6.0, 5.8, and 5.4 Northern Italy Earthquakes of May 2012*. National Earthquake Information Center, United States of America.