

**Universidade de Évora - Instituto de Investigação e Formação Avançada
Universidade dos Açores Universidade de Lisboa - Instituto Superior de
Agronomia**

Programa de Doutoramento em Gestão Interdisciplinar da Paisagem

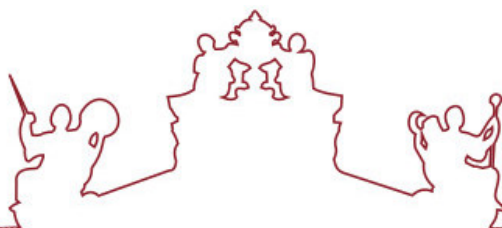
Tese de Doutoramento

Modelo de Interação Espacial: Um instrumento para o planeamento e análise do território

Paulo Jorge Ávila da Silveira

Orientador(es) | Eduardo Manuel Vieira de Brito de Azevedo
Tomaz Lopes Cavalheiro Ponce Dentinho

Évora 2020



**Universidade de Évora - Instituto de Investigação e Formação Avançada
Universidade dos Açores Universidade de Lisboa - Instituto Superior de
Agronomia**

Programa de Doutoramento em Gestão Interdisciplinar da Paisagem

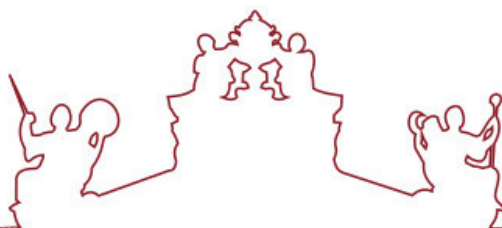
Tese de Doutoramento

**Modelo de Interação Espacial: Um instrumento para o
planeamento e análise do território**

Paulo Jorge Ávila da Silveira

Orientador(es) | Eduardo Manuel Vieira de Brito de Azevedo
Tomaz Lopes Cavalheiro Ponce Dentinho

Évora 2020



A tese de doutoramento foi objeto de apreciação e discussão pública pelo seguinte júri nomeado pelo Diretor do Instituto de Investigação e Formação Avançada:

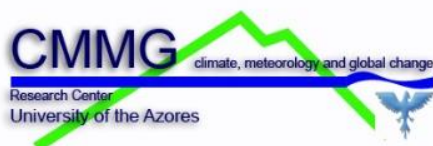
Presidente | Teresa Pinto-Correia (Universidade de Évora)

Vogais | José António Pereira Tenedório (Universidade Nova de Lisboa)
José Dias Coelho (Universidade Nova de Lisboa)
José Muñoz-Rojas (Universidade de Évora)
João Paulo Fernandes (Universidade de Évora)
Maria de Belém Ferreira da Silva da Costa Freitas (Universidade do Algarve)
Tomaz Lopes Cavalheiro Ponce Dentinho (Universidade dos Açores) (Orientador)

O trabalho apresentado nesta tese foi apoiado financeiramente através de uma Bolsa de Doutoramento (BD M3.1.2/F/047/2011), do Fundo Regional de Ciência e Tecnologia.



O trabalho desenvolvido e apresentado nesta tese, foi desenvolvido no Grupo de Desenvolvimento Regional Sustentável da Universidade dos Açores e no Centro do Clima, Meteorologia e Mudanças Globais da Universidade dos Açores.



RESUMO

Modelo de Interação Espacial – Um Instrumento para o Planeamento e Análise do Território

As alterações do uso do solo processam-se de forma natural ou mediante alterações induzidas pelo Homem, tratando-se de um processo evolutivo do desenvolvimento dos ecossistemas e das civilizações.

Neste trabalho, desenvolveram-se metodologias que resultaram numa aplicação informática (*SIMLU*), a qual implementa um modelo de interação espacial do uso do solo, com o propósito de analisar as relações entre o Homem, a economia e o ambiente, de forma a entender como determinados fatores edafoclimáticos, económicos, tecnológicos, demográficos e regulamentares, influenciam a ocupação e o uso do solo.

O modelo permite simular a ocupação do solo ao longo do tempo e do espaço, face a cenários de mudanças climáticas, distribuindo emprego por sector de atividade e população pelas diferentes zonas consideradas, gerando repercussões na ocupação do território, na estrutura socioeconómica das populações e no valor da terra.

A partir dos cenários de alterações climáticas (RCP4.5 e RCP8.5), previstos no Quinto relatório de avaliação do Painel Intergovernamental para as Alterações Climáticas (AR5-IPCC), aplicou-se o *SIMLU* a dois casos de estudo com características distintas: Tahaddart no Nordeste de Marrocos e na ilha Terceira no Arquipélago dos Açores.

O modelo foi calibrado e validado para cada um dos dois casos de estudo, onde progressivamente foram introduzidas melhorias ao nível da capacidade de cálculo, análise e apresentação dos resultados, passando desde a primeira versão em formato Excel® (*SIMLU V1.0*), para a versão atual (*SIMLU V2.0*) numa aplicação autónoma e independente com interface gráfica para utilizadores.

Para o caso de estudo de Tahaddart e áreas adjacentes, foram considerados para cada cenário RCP's (horizonte temporal de 2099) dois tipos de sub-cenários: ocupação do uso do solo com base na estrutura produtiva e das aptidões de referência (2011) e ocupação do território através substituição do uso. Para cada cenário tratado, face à situação de referência, verificou-se uma diminuição da população que variou entre os 6818 e os 14244 habitantes (RCP4.5) e entre 48991 e os 43974 habitantes (RCP8.5).

Para o caso de estudo aplicado á ilha Terceira, utilizou-se unicamente o cenário regionalizado RCP8.5 (horizonte temporal de 2099), não sendo admitido a substituição de uso relativamente à variação das normais climatológicas utilizadas (temperatura média anual e precipitação anual acumulada). Foi ainda considerado a redução dos postos de trabalho na Base Área das Lajes - BA4. Estimou-se os impactos na população e no valor

da terra, resultante das alterações climáticas e da BA4. Dos resultados obtidos, verifica-se uma considerável redução da área de pastagem, que resulta na perda direta de cerca de 195 empregos ligados ao sector da pecuária a que se juntam 285 postos de trabalho suprimidos na BA4. O cenário simulado traduz-se numa diminuição de 2599 habitantes (cerca de 4% da população da Terceira em 2011) e um decréscimo global do valor da terra de cerca de 524 milhões de euros.

O SIMLU apresenta-se assim como uma ferramenta de apoio à decisão, replicada em regiões e contextos diferentes, numa perspetiva de avaliar impactos na ocupação do uso do solo perante diferentes cenários de alterações climáticas.

PALAVRAS-CHAVE

Uso do solo; mudanças do uso do solo; alterações climáticas; modelo de interação espacial

ABSTRACT

Spatial Interaction Model – A Tool for Land Analysis and Planning

Land use changes are a result of natural or human induced changes, being an evolutionary process of ecosystems and civilizations.

Methodologies were developed in this work, resulting in computer program (SIMLU) which implements a spatial interaction model of land use, with the aim of analyzing the relations between Man, the economy and the environment, and how edaphoclimatic (that affect land suitability), economic, technological, demographical factors and policies, can influence land use.

The model allows us to simulate land use, through time and space, given climatic changes, distributing employment for activities and population for each considered zones, generate impacts in land use, socioeconomic structure of the populations and in the land value.

Starting with the land use scenarios (RCP4.5 e RCP8.5), presented in the Fifth report of the Intergovernmental Panel for Climate Change (IPCC), SIMLU was applied in two case study areas with different characteristics: Tahaddart (Morocco) and Terceira island (Azores, Portugal).

The model was calibrated and validated for each of the case study areas, improving on the calculation, analysis and outputs, starting from a Excel worksheet until arriving in the current form, an independent application with a user's graphical interface.

For each of the case studies, different outputs were presented allowing analysis of the model, as a decision support tool, which can be replicated for different contexts facing the evaluation of the impact of land use policies.

Two types of sub-scenarios were considered in each RCP's scenario, to Tahaddart basin: field occupation, based on productive structure and reference skills (2011) and occupation of the use replacement. In both scenarios, there was a population decrease ranging 6818-14244 habitants to RCP4.5 and 48991-43974 habitants to RCP8.5 scenario.

For the case study applied to Terceira Island, only RCP8.5 was used for the temporal horizon to 2099, not admitting the use replacement relatively to the climatological norms used (average annual temperature and accumulated annual rainfall). The reduction of the working places in Air Base of Lajes- BA4, was also considered. The land values and the impact in population resulting from the climate changes and from the BA-4 was estimated. From the obtained results, a considerable decrease from the pasture area (resulting from the direct loss of the 195 jobs connected to the livestock) in which is added 285 jobs lost in BA-4. The simulated scenario indicates a diminution in the number of

habitants, around 2599 (about 4% of the population in 2011) and a global decrease of the land value around 524 million euros.

SIMLU presents as a support tool to decision, which can be replicated in different circumstances, concerning different scenarios in a way to evaluate the impacts of territory occupation regarding different climatic changes scenarios.

KEY WORDS

Land use; land use change; climate changes; spatial interaction model

AGRADECIMENTOS

Ao Professor Tomaz Dentinho, com quem colaboro há muitos anos, pela oportunidade que me concedeu na sua equipa de investigação que me possibilitou desenvolver este trabalho. Por todos os conhecimentos que me foi transmitindo ao longo deste percurso, na área da economia regional e desenvolvimento sustentável, mas também pela sua visão abrangente, transversal e multidisciplinar, que me permitiu apreender, crescer e encarar a realidade de outra perspetiva.

Ao Professor Eduardo Brito de Azevedo, da Universidade dos Açores, por todo o seu apoio na componente climática do trabalho, pela cedência dos dados referentes à regionalização dos cenários climáticos para a ilha Terceira, utilizados neste trabalho, e pela disponibilidade que demonstrou ao longo do desenvolvimento deste trabalho.

Ao Professor Doutor Abdellatif Khattabi da École Nationale Forestière d'Ingenieurs de Rabat, por toda a sua disponibilidade em esclarecer todas as dúvidas que tive com o caso de estudo de Marrocos, assim como por todo o seu esforço em obter os dados que fui solicitando.

Ao Professor Doutor Marco Antonellini da Universidade de Bolonha e ao Professor Eric Masson da Universidade de Ciências e Tecnologia de Lille, por todo o apoio que me deram, na obtenção de cartografia temática para o caso de estudo de Marrocos e na elaboração duma publicação em curso.

Ao Grupo de Desenvolvimento Regional Sustentável, sobretudo ao João Borba que desenvolveu comigo as funcionalidades da nova versão do modelo de interação espacial do uso do solo, mas que foi o responsável por toda a programação Matlab da aplicação. Uma palavra de agradecimento também para os restantes colegas, Fabíola Gil, Ana Rodrigues, Pedro Nogueira, Elisabete Martins, Ana Sanchez, Luísa Calado e Lisandra Meneses e por todo o apoio ao longo destes anos de trabalho e partilha de experiências.

Aos meus colegas do Centro do Clima, Meteorologia e Mudanças Globais da Universidade dos Açores, especialmente ao João Filipe Fernandes que me ajudou a desenvolver os módulos geográficos em *python* para *ArcMap* e ao Francisco Reis, que me ajudou a desenvolver um macro, utilizado para a primeira aplicação do modelo a Marrocos, em linguagem de programação Visual Basic. Do mesmo modo, uma palavra

de agradecimento para os restantes colegas do grupo, Joana Ramos, Nuno Álvaro, Francesca Gallo e o André Valente.

À Sofia Teixeira e ao Vasco Silva, pelas suas críticas, sugestões e revisão escrita do trabalho.

Aos meus colegas de curso de doutoramento, Alonso Miguel, César Pakissi e Maria Emília Pepeka, pelo exemplo e incentivo ao longo de todo o percurso.

À Dr.^a Célia Amaral da Fundação Regional da Ciência e Tecnologia - FRCT, por todo o apoio que me deu ao longo destes anos, em todos os aspetos relacionados com a minha bolsa de doutoramento.

À Dr.^a Beatriz Castor, da Universidade de Évora, por todo o apoio que me deu esclarecendo-me todas as dúvidas e interagindo sempre com a FRCT.

À FRCT, pela bolsa de doutoramento concedida e sem a qual eu não teria tido condições de me inscrever no curso de doutoramento em gestão interdisciplinar da paisagem.

Aos meus pais, à minha irmã e à minha tia, por todo o carinho, amor, apoio e incentivo que me deram ao longo destes anos.

À Lisete, por toda a sua compreensão pelo tempo que não lhe dediquei, mas que sempre me incentivou e me deu força para alcançar os meus objetivos.

Finalmente, a todos aqueles me ajudaram e incentivaram ao longo deste meu percurso e que me tenha esquecido de aqui mencionar.

A todos, muito obrigado.

CONTEÚDO

Resumo	i
Palavras-Chave	ii
Abstract	iii
Key words	iv
Agradecimentos	v
Índice de Figuras.....	xv
Índice de Tabelas	xvii
CAPÍTULO 1	1
1 – Introdução geral.....	2
1.1 – Problemática	4
1.2 - Objetivo	5
1.3 - Metodologia.....	6
1.4 - Apresentação	8
CAPÍTULO 2	10
2 – Modelos de Simulação do Uso do Solo.....	11
2.1 – Abordagem à Revisão de Literatura	11
2.1.1 – Processos de Alteração do Uso do Solo	16
2.1.1.1 – Desenvolvimento Histórico Contínuo	16
2.1.1.2 – Aptidão do Uso do Solo.....	17
2.1.1.3 – Interação e o Efeito da Vizinhança.....	17
2.1.1.4 – Interação entre Agentes	18
2.2 - Modelos Geográficos do Uso do Solo.....	19
2.2.1 – Aplicações Baseadas em Análises Empíricas e Estatísticas.....	21
2.2.2 – Aplicações Baseadas em Regras de Decisão.....	23
2.3 - Modelos Económicos	24
2.3.1 – Modelos Econométricos e de Análise Ricardiana.....	25
2.3.2 – Modelos de Equilíbrio	27

2.3.2.1 – Modelos de Equilíbrio Parcial	30
2.3.2.2 – Modelos de Equilíbrio Geral	31
2.3.3 – Modelos de Micro-simulação	33
2.4 - Modelos Agronómicos	34
2.5 – Modelos Operacionais de Economia Espacial.....	34
2.5.2 – Modelos de Interação Espacial.....	35
2.5.2.1 – Autómatos Celulares	39
2.6 - Modelos Integrados	40
2.6.1 – Modelos Climáticos e do Sistema da Terra.....	46
2.6.2 – Modelos de Avaliação Integrada.....	46
2. 7– Síntese da Revisão de Literatura.....	48
CAPÍTULO 3	50
3 – Localização e Aptidão do Solo pela Diversidade de Usos	51
3.1 – Introdução	51
3.1.1 – Apresentação	52
3.2 - Estudos de Aptidão/Localização para Atividades Específicas	52
3.2.1 – Localização das Atividades Agrícolas – Modelo do Uso do Solo Agrícola de Von Thünen.....	53
3.2.2 – Localização Económica – Modelo de Weber.....	56
3.2.3 – Localização Económica – Modelo de Hotelling	57
3.2.4 – Teoria dos Lugares Centrais.....	57
3.2.5 – Nova Geografia Económica	59
3.3 - Aptidões Referenciadas a Usos Específicos do Solo.....	61
3.3.1 - Classificação da Capacidade de Uso do Solo	62
3.3.2 - Classificação da Aptidão do Uso do Solo.....	65
CAPÍTULO 4	68
4 – Caracterização das Áreas de Estudo	69
4.1 - Introdução.....	69

4.2- Caracterização da Bacia de Tahaddart e Áreas Envolventes.....	70
4.3 - Caracterização e Enquadramento Geográfico da Terceira	71
4.3.1 – Ilha Terceira e o Povoamento.....	72
4.3.2 – Evolução Demográfica.....	74
4.3.3 – Caracterização Socioeconómica da Terceira.....	76
4.4 – Síntese.....	80
CAPÍTULO 5	81
5 – Modelo de Interação Espacial do Uso do Solo - SIMLU	82
5.1 – Introdução	82
5.1.1 – Apresentação	83
5.2 – Teoria da Base Económica.....	83
5.3 – Formulação do SIMLU	84
5.4 – Calibração do SIMLU.....	88
5.4.1 – Rendas (bid-rents)	89
5.5 – SIMLU - Desenvolvimento da Interface Gráfica e Inputs.....	90
5.6 – Desenvolvimento da Interface Gráfica e Outputs.....	95
5.7. – Limitações.....	100
5.8 - SIMLUC - Modelo de Interação Espacial de Alteração do Uso do Solo	101
5.9 – Síntese.....	103
CAPÍTULO 6	105
6 – Classes de Aptidão do Solo	106
6.1 – Introdução	106
6.1.1 Apresentação	107
6.2 - Determinação das Áreas de Aptidão da Bacia de Tahaddart e áreas adjacentes	107
6.2.1 – Aptidão urbana	109
6.2.2 - Aptidão rural (rural dwellers)	109

6.2.3 - Aptidão a culturas de Regadio	110
6.2.4 - Aptidão a culturas de sequeiro.....	112
6.2.5 - Aptidão a pastagem.....	112
6.2.6 - Aptidão florestal.....	113
6.3 – Aptidão do uso do solo da ilha Terceira	113
6.3.1 – Aptidão Urbana	115
6.3.2 – Aptidão Industrial.....	115
6.3.3 – Aptidão da Base das Lajes	116
6.3.4 – Aptidão Hortofrutícola	117
6.3.5 – Aptidão Agrícola.....	118
6.3.6 – Aptidão a Pastagem.....	118
6.3.7 – Aptidão Florestal	119
6.4 – Determinação das Classes de Aptidão do Uso do Solo	120
6.4.1 – Classes de Aptidão do Uso do Solo – Bacia de Tahaddart e Áreas Adjacentes	121
6.4.2 – Classes de Aptidão do Uso do Solo – Ilha Terceira.....	125
6.5 – Síntese.....	129
CAPÍTULO 7	131
7 – Impactos das Alterações Climáticas na Ocupação do Solo – Bacia de Tahaddart e Áreas Adjacentes	132
7.1 - Introdução.....	132
7.2 – Aplicação do Modelo de Interação Espacial do o Uso do Solo à Bacia de Tahaddart e Áreas Adjacentes	136
7.2.1 – Recolha e Tratamento dos Dados.....	137
7.2.2 – Aplicação do SIMLU <i>VI.0</i> a Tahaddart, Calibração e Validação do Modelo.	139
7.2.3 – Calibração do SIMLU <i>VI.0</i>	140
7.2.4 – Validação do SIMLU <i>VI.0</i>	142

7.3 – Simulação da Ocupação do Uso do Solo para os Cenários do IPCC (2014)...	145
7.3.1 - Resultados	145
7.3.1.1 – Cenário RCP4.5	148
7.3.1.2 – Cenário RCP8.5	149
7.4 – Bid-Rents	151
7.5 – Discussão	152
7.6 – Conclusão.....	153
CAPÍTULO 8	155
8 – Impactos das Alterações Climáticas no Uso e no Valor do Solo – Ilha Terceira... 156	
8.1 - Introdução.....	156
8.2 - Aplicação do Modelo de Interação Espacial com o Uso do Solo à Ilha Terceira	156
8.2.1 – Emprego	157
8.2.2 – Ocupação do Solo.....	161
8.2.2 – Calibração do SIMLU V2.0.....	162
8.2.3 – Validação do SIMLU V2.0	169
8.2.3.1 – Validação do SIMLU V2.0 pela Ocupação do Uso do Solo	169
8.2.3.2 – Validação do SIMLU V2.0 pelas <i>bid-rents</i>	170
8.3 – Simulação do Uso do Solo para os Cenários do IPCC (2014).....	176
8.3.1 – Simulação da Ocupação do Solo para o Cenário RCP8.5 com a BA4.....	179
8.3.2– Resultados da Simulação da Ocupação do Solo para o Cenário RCP8.5 com a BA4	180
8.3.3 – Relação entre <i>Bid-Rents</i> e Valor Médio da Terra para o Cenário RCP8.5 com a BA4.....	183
8.4 – Conclusão.....	184
CAPÍTULO 9	186
9 – Discussão	187
9.1 – Agenda da discussão dos modelos de uso do solo	187
9.2 - Modelos Geográficos de Descrição e Ordenamento	188

9.3 - Modelos Económicos	189
9.4 - Modelos Integrados	190
9.4.1 – Desafios futuros dos Modelos Climáticos e do Sistema da Terra - CESM	191
9.4.1 – Desafios futuros dos Modelos de Avaliação Integrada - IAM.....	193
9.5– Síntese.....	195
CAPÍTULO 10	197
10 - Conclusões	198
10.1 – Tópicos da Tese	198
10.2 – Alcance do Objetivo	199
10.3 – Avanços Metodológicos	200
10.4 – Recomendações	201
10.5 – Considerações finais	202
Bibliografia.....	206

ACRÓNIMOS E ABREVIATURAS

ANOVA	Análise de Variância
ADA	<i>Agence pour le Développement Agricole du Royaume du Maroc</i>
AEZ	<i>Agro-Ecological Zones</i>
EEA	<i>European Environment Agency</i>
AR5	<i>Fifth Assessment Report</i>
BA4	Base Área Militar Nº 4 da Força Aérea Portuguesa
CA	<i>Cellular Automata</i>
CIRCLE Med	<i>Climate Impact Research Coordination for a Larger Europe - Mediterranean Group</i>
CMIP	<i>Couple Model Intercomparison Project</i>
CRIES	<i>Comprehensive Resource Inventory and Evaluation System</i>
DESA-UN	Departamento das Nações Unidas para os Assuntos Económicos e Sociais
DSSAT	<i>Decision Support System for Agrotechnology Transfer</i>
ERAC	Estratégia Regional dos Açores para as Alterações Climáticas
EEA	<i>European Environment Agency</i>
FAO	<i>Food and Agriculture Organization of the United Nations</i>
GAEZ	<i>Global Agro-Ecological Zones</i>
GEE	Gases de Efeito de Estufa
GEM	<i>General Equilibrium Models</i>
GDRS	Grupo de Desenvolvimento Regional Sustentável da Universidade dos Açores
INSPIRE	<i>Infrastructure dor Spatial Information in Europe</i>
IPCC	Painel Internacional para as Alterações Climáticas
IIASA	<i>International Institute for Applied Systems Analysis</i>
IM	<i>Integrated Models</i>
LCC	<i>Land Cover Change</i>
LUC	<i>Land Use Change</i>
LUTI	<i>Land Use Transport Interaction</i>
MAPM	<i>Ministère de l'Agriculture et de la Pêche Maritime du Royaume du Maroc</i>
MRLM	Modelo de Regressão Linear Múltipla
CESM	Modelos Climáticos e do Sistema da Terra
NATO	Organização do Tratado do Atlântico Norte
Med-CORDEX	<i>Mediterranean Regional Climate Models</i>
ONU	Organização das Nações Unidas

PEM	<i>Partial Equilibrium Models</i>
PIB	Produto Interno Bruto
RA	Recenseamento Agrícola
RAF	<i>Royal Air Force</i>
RCM's	<i>Regional Climate Models</i>
RCP's	<i>Representative Concentration Pathways</i>
RGP	Recenseamento Geral da População de Portugal
RGPH	<i>Recensement Général de la Population du Royaume du Maroc</i>
SAL	Superfície Agrícola Útil
SIMLU	<i>Spatial Interaction Modelo of Land Use</i>
SIMLUC	<i>Spatial Interaction Modelo of Land Use Changes</i>
SRAM	Secretaria Regional do Ambiente e do Mar do Governo Regional dos Açores
SRES	<i>Special Report on Emissions Scenarios</i>
SSP's	<i>Shared Socioeconomic Pathways</i>
TIER1	<i>US National Climate Model</i>
UNEP	<i>United Nations Environment Programme</i>
USAF	<i>United States Air Force</i>
USDA	United States Soil Conservation Service
UTM	<i>Universal Transverse Mercator</i>
WCRP	<i>World Climate Research Programme</i>
WGCM	<i>Working Group on Coupled Modelling</i>
WMO	<i>World Meteorological Organization</i>
WB	<i>World Bank</i>
HCP	<i>Haut-Commissariat au Plan du Royaume du Maroc</i>

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 – Estrutura da dissertação.....	8
Figura 2- Quadro tridimensional dos modelos de uso do solo (adaptado de Agarwal et. al.,2002).....	12
Figura 3 – (A): Área de estudo (bacia de Tahaddart e áreas adjacentes) no contexto de Marrocos (Cartografia de base ESRI e NASA); (B): Desagregação da área de estudo em três zonas da região de Tanger-Tetouan-Al Hoceima	70
Figura 4 – Localização do Arquipélago dos Açores no Atlântico Norte	71
Figura 5 – Maciços estruturais da ilha Terceira (1 – Cinco Picos; 2 – Guilherme Moniz-Pico Alto; 3 – Serra de Santa Bárbara)	72
Figura 6 - Evolução da população da ilha Terceira (INE, 2011)	76
Figura 7 – Principais ciclos económicos ligados ao uso do solo nos Açores adaptado de Calado <i>et al.</i> ; (2003).	78
Figura 8 – Estrutura do SIMLU.....	87
Figura 9 - Aspeto da interface gráfica do SIMLU V2.0 durante um processo de calibração.....	91
Figura 10 – Caixa de diálogo onde são definidas numericamente as três componentes base do modelo: zonas, atividades e classes.	91
Figura 11 – Diagrama do processo de calibração do SIMLU V2.0	98
Figura 12 Diagrama do processo de simulação do SIMLU V2.0	99
Figura 13 - Estrutura do quadro integrado do SIMLUC.....	102
Figura 14 – Distribuição da temperatura média anual (A), distribuição da precipitação anual acumulada (B). Fonte: Adaptado de Maroc Meteo (2014).	108
Figura 15 – A- Carta do tipo de solos, fonte: adaptado de Cavallar (1950); B - carta de declives (Fonte: SRTM3).....	108
Figura 16 – Carta de aptidão urbana.....	109
Figura 17 –A- Aptidão rural B- Imagem aérea da aldeia de El Khaoucha em Aquass Briech (Fonte: ESRI Aerial Images)	110
Figura 18 – Aptidão de culturas de regadio.....	111
Figura 19 – Aptidão a culturas de sequeiro.	112
Figura 20 – Aptidão a pastagem.	113
Figura 21 – Aptidão Florestal.....	113
Figura 22 – Variáveis edafoclimáticas: A – Temperatura média anual, B – Precipitação anual acumulada (Azevedo, 1996); C – Capacidade de uso (Pinheiro <i>et al.</i> 1987); D – Declive, adaptado de SRHE (2001).	114
Figura 23 - Aptidão urbana da ilha Terceira.....	115
Figura 24 – Aptidão Industrial da ilha Terceira.....	116
Figura 25 - Aptidão da Base das Lajes na ilha Terceira	116
Figura 26 – Aptidão hortofrutícola da ilha Terceira	117
Figura 27 – Aptidão Agrícola da ilha Terceira	118
Figura 28 – Carta de aptidão à pastagem na ilha Terceira.....	119
Figura 29 – Carta de aptidão florestal da ilha Terceira.....	120

Figura 30 – <i>Inputs</i> em formato matricial: A- temperatura média anual; B- precipitação anual acumulada; C-solos; D – declive.	123
Figura 31 – <i>Inputs</i> em formato matricial: E- classificação das infraestruturas.....	123
Figura 32 – Classes de aptidão do solo para a bacia de Tahaddart e áreas adjacentes	125
Figura 33 - <i>Inputs</i> em formato matricial: A- temperatura média anual; B- precipitação anual acumulada; C- solos (inclui as infraestruturas); D – declive.	127
Figura 34 - Classes de aptidão do solo da ilha Terceira.	127
Figura 35 - Competição no território dos usos face às classes de aptidão.	129
Figura 36 – (a) variação da temperatura média global da superfície; (b) subida do nível médio da água do mar, para os períodos de 2006 e 2100 em relação ao período de 1986-2005 (adaptado de IPCC, 2013). 136	
Figura 37 – correlação entre os valores de ocupação real (MAPM, 2012) e os valores simulados no SIMLU VI.0.	142
Figura 38 - correlação entre os valores de ocupação real (MAPM, 2012) e os valores da ADA (2012). 143	
Figura 39 – Carta de ocupação do uso do solo (SIMLU VI.0).....	144
Figura 40 – Classes de aptidão do uso do solo (A- RCP4.5; B – RCP8.5).....	146
Figura 41 – Ocupação do uso do solo (RCP4.5a - ocupação parcial; RCP4.5b – ocupação total).	149
Figura 42 – Ocupação do uso do solo (RCP8.5a - ocupação parcial; RCP8.5b – ocupação total).	150
Figura 43 - <i>Bid-rents</i> (A- cenário de 2011; B – cenário RCP4.5b; C – cenário RCP8.5b).....	151
Figura 44 – Desagregação da ilha Terceira em 54 zonas.....	158
Figura 45 – Evolução do processo de calibração dos parâmetros α e βk	163
Figura 46 – Relação entre a área disponível por cada classe e aptidão e a área ocupada.	165
Figura 47 – Fluxo residência-emprego (A), Fluxo população-serviços (B)	168
Figura 48 – Distribuição do emprego por classes de aptidão da Terceira.	168
Figura 49 – Correlação entre os valores de ocupação real (SREA, 2011; INE, 2012) e os valores simulados no SIMLU V2.0.....	169
Figura 50 – Correlação entre os valores de ocupação solo (DROTRH, 2007) e os resultados do modelo (SIMLU V2.0).....	170
Figura 51 – bid-rents da validação do modelo.....	171
Figura 52 –Preço da terra, obtido pela regressão linear múltipla com base nas <i>bid-rents</i>	175
Figura 53 - Classes de uso do solo: A – RCP4.5 (2010/2039), B – RCP4.5 (2040/2069); C – RCP4.5 (2070/099); D – RCP8.5 (2010/2039); E – RCP8.5 (2040/2069); F – RCP8.5 (2070/2099).	176
Figura 54 - Evolução das áreas de aptidões do uso do solo com base nos cenários RCP4.5	177
Figura 55 – Evolução das áreas (ha) de aptidões do uso do solo com base nos cenários RCP8.5.....	177
Figura 56 - Aptidões do uso do solo para o cenário RCP8.5: A – hortifruticultura, B – agricultura; C – Pastagem; D – Floresta.	179
Figura 57 - Relação entre a área disponível por cada classe de aptidão e a área ocupada RCP8.5 (2069/2099).	182
Figura 58 - Cenário RCP8.5 (2069/2099):	182
Figura 59 – Preço da terra estimado para o cenário RCP8.5 (2099).....	183

ÍNDICE DE TABELAS

Tabela 1 – Níveis de complexidade no processo de tomada de decisão humana ordenados por grau de complexidade de 1 a 6 (Agarwal <i>et al.</i> , 2002).....	13
Tabela 2 – Abordagens de modelação do uso do solo, proposto pelo <i>National Research Council</i> (Committee, 2014).....	15
Tabela 3 – Características gerais de alguns modelos geográficos (adaptado de Michetti <i>et al.</i> 2014)	20
Tabela 4 – Características gerais de alguns modelos de equilíbrio (adaptado de Ronneberger, 2006).	29
Tabela 5 - Características gerais de alguns modelos integrados (adaptado de Ronneberger <i>et al.</i> 2008; Michetti & Zamperi, 2014).....	43
Tabela 6 – Dados do SIMLU V2.0	96
Tabela 7 – Vantagens vs desvantagens da utilização do modelo de interação espacial de ocupação do território (SIMLU VI.0 e SIMLU V2.0).....	101
Tabela 8 – Fatores de aptidão para os usos considerados para a bacia de Tahaddart e áreas adjacentes. .	122
Tabela 9 – <i>Inputs</i> do modelo geográfico para a determinação de classes de aptidão, para Tahaddart e áreas adjacentes.	122
Tabela 10 – Relação entre cada uso e cada classe de aptidão para a bacia de Tahaddart e áreas adjacentes.	124
Tabela 11 - Fatores de aptidão para os usos considerados na ilha Terceira.....	125
Tabela 12 – <i>Inputs</i> do modelo geográfico para a determinação de classes de aptidão para a ilha Terceira.	126
Tabela 13 - Relação entre cada uso e cada classe de aptidão para a ilha Terceira.....	128
Tabela 14 – Média das projeções do aquecimento global e da subida do nível do mar	135
Tabela 15 – Distribuição da população e emprego por setor de atividade (HCP, 2004).	137
Tabela 16 – Área (hectares) ocupada por setor de atividade (MAPM, 2012).....	138
Tabela 17 – Matriz das distâncias (km) para a bacia de Tahaddart e áreas adjacentes.....	139
Tabela 18 – Fatores endógenos para a bacia de Tahaddart e áreas adjacentes.	140
Tabela 19 – Classes de Aptidão (áreas disponíveis/áreas ocupadas em ha).	141
Tabela 20 – Relação entre a ocupação real (MAPM, 2012), a ocupação do relatório da ADA (2012) e a ocupação resultante da calibração do SIMLU VI.0 (ha)	141
Tabela 21 – Áreas disponíveis (ha)	146
Tabela 22 – Relação entre o emprego básico e o emprego não básico.	147
Tabela 23 - Distribuição da população e emprego por setor de atividade (INE, 2012).....	159
Tabela 24 – Distribuição do emprego básico por setor de atividade.	160
Tabela 25 – Área ocupada por cada setor de atividade considerada (adaptado de SREA, 2011)	162
Tabela 26 – Fatores endógenos utilizados no processo de calibração na ilha Terceira.	163
Tabela 27 – Variáveis utilizadas na regressão linear múltipla.....	173
Tabela 28 – Síntese dos principais resultados dos quatro modelos da RLM.	174
Tabela 29 – Áreas (ha) de aptidão do uso do solo para os cenários RCP4.5 e RCP8.5.....	178
Tabela 30 – Resultados provenientes dos SIMLU V2.0 para o cenário RCP8.5 (2070/2090) com a BA4.	181

CAPÍTULO 1

INTRODUÇÃO GERAL

1 – INTRODUÇÃO GERAL

O desenvolvimento sustentável está intrinsecamente ligado à ocupação do território. As alterações no uso do solo não só revelam as interações entre o homem e o ambiente, como constituem um referencial fundamental dos efeitos do ambiente nos valores e instituições dos seres humanos (Gonçalves & Dentinho, 2007).

Para além disso, a referência territorial nas interações entre o homem e o ambiente é reveladora das diferentes escalas a que estes processos ocorrem, explicitando ainda a identidade, sítio e escala de quem interpreta este, de quem atua sobre ele e de quem sofre as consequências dos impactos que emanam das intervenções do Homem (Pinto-Correia & Kristensen, 2013).

O Homem e o Território, detêm um vínculo ancestral ligado à própria espécie humana, sem que no entanto se possam reduzir um ao outro (Floey, 2004). A relação, entre o Homem e o uso do solo, está diretamente ligada à produtividade de cada espaço, face ao uso pretendido, dependendo de fatores que condicionam a sua ocupação, tais como: demografia, qualidade dos solos, orografia, clima, tecnologia, socio-economia, acessibilidades e regulação (Bowler *et al.*, 2003; R. B. Taylor, 1988).

O território apresenta constantes mutações, uma vez que se trata de um sistema dinâmico, sujeito a pressões naturais e humanas. A paisagem introduz uma noção de tempo na compreensão do ambiente e a sua relação com o Homem (Scherr & McNeely, 2008).

A paisagem é um sistema dinâmico e complexo, normalmente entendida à escala local, servindo como suporte físico à ação humana e leva a perceções diferentes de pessoa para pessoa. A própria relação de afetividade entre o Homem e a paisagem constitui uma panóplia de interpretações subjetivas para cada unidade paisagística integrada num mesmo território. Esta dinâmica, associada à estrutura e ao funcionamento da paisagem e do território, de acordo *Millennium Ecosystems Assessment* (2003), poderá ser entendida tendo em consideração as várias escalas de análise, as causas e consequências ambientais de carácter biofísico, económico e sociocultural. O Convénio Europeu da Paisagem (2000) define a paisagem como uma parte do território, tal como é apreendida pelas populações, cujo carácter resulta da ação e da interação de fatores naturais e/ou humanos.

As alterações do uso do solo resultam de processos naturais e antropogénicos, alterando sistematicamente o meio onde estas ocorrem (Meyer & Turner, 1994; Stéphenne & Lambin, 2001).

Nas zonas rurais, o uso do solo depende em larga medida das políticas de planeamento, dos ciclos económicos e do fato das regiões estarem abertas a uma economia de mercado global ou fechadas e centradas sobre si próprias o que normalmente direciona o território à autossustentabilidade (Olsen & Bindin, 2002; Rounsevell *et al.*, 2006).

De acordo com Pinto-Correia *et al.* (2013), a gestão do território está cada vez mais relacionada com uma complexa rede de relações socioeconómicas, entre os seus vários agentes. A diferenciação dos territórios, não está apenas relacionada com a sua estrutura e padrões que resultam das suas características biofísicas, mas cada vez mais, com uma complexa interligação entre a sociedade e o uso do solo. Neste sentido, tornou-se pertinente o desenvolvimento de instrumentos de regulação, sendo que a Carta Europeia de Ordenamento do Território (1983) destaca-se como um dos principais contributos neste sentido, definindo que o ordenamento do território é a tradução espacial de políticas económicas, sociais, culturais e ecológicas da sociedade e ao mesmo tempo uma disciplina científica, uma técnica administrativa e uma política que se desenvolve numa perspetiva interdisciplinar e integrada tendente ao desenvolvimento equilibrado das regiões e à organização física do espaço segundo uma estratégia de conjunto.

Segundo a Agência Europeia do Ambiente – EEA (2007), nas últimas décadas, a utilização dos solos, tem conduzido a alterações sem precedentes nas paisagens, nos ecossistemas e no ambiente. São as áreas urbanas e as respetivas infraestruturas que mais utilizam o solo enquanto recurso, sobretudo os solos agrícolas produtivos. As paisagens rurais, têm vindo a mudar devido a fenómenos de intensificação da agricultura, à exploração florestal, ou simplesmente ao abandono das terras, ao mesmo tempo que as zonas costeiras e montanhosas estão a sofrer profundos reordenamentos de território para se adaptarem às atividades intensivas de turismo e lazer.

Atualmente, surgem diferentes abordagens interdisciplinares baseadas em conceitos instrumentistas ou filosóficos, que procuram explicar os mecanismos que levam a mudanças nos padrões do uso do solo, analisando alterações que ocorreram no passado e a fazendo estimativas para ocorrências no futuro. A procura da terra e dos espaços rurais, resulta de diversos fatores tais como: padrões culturais, preferências ou motivações (Antrop, 2005; Pinto-Correia & Kristensen, 2013; van Berkel & Verburg, 2011),

mercados, acessibilidades e população (Alonso, 1964; Glaeser, 2005; Eric Koomen *et al.*, 2011; O'Sullivan, 2009; H. P. Verburg *et al.*, 2002; von Thünen, 1826).

Neste contexto, a modelação da ocupação do uso do solo, tem surgido como uma área de investigação ligado à geografia e às ciências sociais numa primeira instância, e mais tarde ocupando um campo transversal no planeamento e ordenamento do território, abordando diversas questões de natureza social e económica: agricultura; recursos naturais; clima; meio ambiente, entre outros (Eric F. Lambin & Meyfroidt, 2010; van Schrojenstein Lantman *et al.*, 2011). Estes modelos têm como principal objetivo a identificação dos fatores que levam à ocupação do uso do solo e as condicionantes que promovem a alteração de uso.

Há que ter em consideração, que as questões relacionadas com o desenvolvimento sustentável têm uma expressão espacial, que num contexto de abordagem interdisciplinar, levam a diferentes interpretações produzindo “imagens” diferentes.

1.1 – PROBLEMÁTICA

As instituições europeias desempenharam um papel de *spillover* imprescindível à escala global na implementação de medidas mitigadoras que envolveram a adoção de políticas a nível local, regional, nacional e internacional, tendo como princípio a economia e as interações com o meio ambiente, através do uso sustentável do território (Silveira & Dentinho, 2010).

A agenda política, social e económica, nos dias de hoje, é marcada por questões que envolvem a sociedade e o território em diferentes escalas. A segurança nacional, os fluxos migratórios provenientes de regiões em conflito, as sucessivas instabilidades económico-financeiras, ocupam a prioridade da agenda das instituições europeias relegando para segundo plano vetores à escala global que marcaram o início do século XXI como as alterações climáticas, segurança alimentar, conservação da biodiversidade, gestão energética e a gestão da água.

As alterações climáticas, a partir da primeira década do século XXI, são assumidas de forma consensual no quadro internacional, como fator indiscutível de mudança com o qual as populações e os decisores políticos têm de lidar de forma esclarecida. Assumidas genericamente como um facto, pese embora alguma discussão sobre as causas que as determinam, verifica-se grande unanimidade e consistência científica nos argumentos que as atribuem a razões antropogénicas. O esforço conjugado dos estados que integram a

Organização das Nações Unidas – ONU e a Organização Meteorológica Mundial – WMO (*World Meteorological Organization*) tem permitido a abordagem sistematizada a esta temática através do Painel Internacional para as Alterações Climáticas – IPCC (*Intergovernmental Panel on Climate Change*), responsável pela discussão do estado da arte, bem como pela avaliação dos consequentes impactes ambientais e socioeconómicos, sendo as respetivas conclusões atualizados através de relatórios periódicos (SRAM, 2011).

1.2 - OBJETIVO

Pretendeu-se desenvolver uma metodologia que permitisse a análise espacial do território, permitindo entender o impacto de políticas, regulação, população, economia e fatores ambientais que articulados e interligados afetam a ocupação e o uso do solo.

Desde o início deste trabalho, que o foco principal se centrou no desenvolvimento de uma ferramenta de modelação interdisciplinar com interação entre a socio-economia, e o território, com o propósito de proporcionar resultados que permitam entender as consequências e implicações da alteração do uso do solo e possíveis medidas de mitigação que possam vir a ser implementadas.

Com este trabalho, pretendeu-se dar resposta às seguintes questões:

- i. Será possível criar um modelo de interconexão entre a economia e o ambiente, que use a paisagem como linguagem de interação?
- ii. É possível representar a economia e o ambiente no espaço?
- iii. Quais os impactos das alterações climáticas no uso do solo?
- iv. É possível replicar a metodologia, para regiões com características distintas?

Foi equacionado, desde a fase de elaboração da proposta de tese de doutoramento em Gestão Interdisciplinar da Paisagem, o desenvolvimento de um modelo de interação espacial de ocupação do uso do solo, com as características acima mencionadas, que permitisse uma análise da relação entre a sociedade e o meio ambiente, com capacidade de explicar a distribuição dos padrões espaciais do uso do solo e estimar valor médio da terra.

O modelo proposto centra-se nos processos de interação entre a economia e o território, ao longo do tempo e do espaço, tentando explicar como os fatores ambientais, tecnológicos, económicos e regulamentares influenciam a ocupação do território e

modelam sucessivamente a paisagem, de forma a possibilitar não só uma melhor compreensão da situação de referência, mas que ao mesmo tempo possa tornar-se numa ferramenta útil nos processos de apoio à decisão.

1.3 - METODOLOGIA

A elaboração do trabalho envolveu diferentes etapas de construção, onde se recorreu ao desenvolvimento de determinadas metodologias e aplicação de outras, que serão descritas nos respetivos capítulos.

A primeira etapa do trabalho envolveu a reformulação teórica do modelo de interação espacial de ocupação do uso do solo, a partir de desenvolvimentos anteriores destes modelos (Gonçalves & Dentinho, 2007; Silveira & Dentinho, 2010).

Na segunda etapa do trabalho foram definidos dois casos de estudo, a região de Tahaddart e zonas adjacentes, localizada na província de Tanger-Tétouan-Al Hoceima no norte de Marrocos e a ilha Terceira localizada no Arquipélago dos Açores.

Nesta etapa, procedeu-se à recolha de dados, relativos a qualidade dos solos, relevo, temperatura média anual e precipitação anual acumulada. Desenvolveu-se um modelo geográfico de aptidão do uso do solo para cada um dos casos de estudo, tendo por base os mesmos fatores, mas com critérios adaptados às características de cada região.

O modelo geográfico foi aplicado à situação de referência, com os respetivos processos de calibração e validação e posteriormente aplicado a cenários de alterações climáticas propostos pelo IPCC no seu quinto relatório de avaliação sobre alterações climáticas - AR5 - *Fifth Assessment Report* de 2014.

Nesta fase do trabalho, foi utilizado o *software* ArcMap® 10.2 e algumas das suas extensões, nomeadamente o *Spatial Analysts Tools*, *3D Analyst Tools*, *Cartography Tools*, *Conversion Tools* e *Data Management Tools*.

Foram desenvolvidos *scripts* em linguagem de programação *Python* (van Rossum, 1993), nativa do ArcMap® 10.2, que permitiu desenvolver de forma automatizada a maioria das rotinas efetuadas no modelo geográfico.

Na terceira fase do trabalho procedeu-se á recolha de dados estatísticos, relativos à população, emprego, produtividade e consumo, e procedeu-se ao tratamento dos mesmos.

A quarta fase do trabalho foi a aplicação do modelo de interação espacial do uso do solo, denominado nesta fase de SIMLUC V1.0 (acrónimo de *Spatial Interaction Model of Land Use Change*), ao caso de estudo Tahaddart e áreas adjacentes.

Nesta etapa do trabalho foram integrados os dados provenientes do modelo geográfico e os dados estatísticos, recolhidos e processados na fase anterior. Desenvolveu-se em linguagem de programação VBa – *Visual Basic® for Applications* (Microsoft, 2011) um *script* que permitiu nesta fase a execução do modelo. O modelo foi calibrado e validado e posteriormente aplicado para os cenários RCP4.5 e RCP8.5 do AR5-IPCC, para o horizonte temporal de 2099. Paralelamente, a equipa do Grupo de Desenvolvimento Regional da Universidade dos Açores – GDRS, sob a coordenação do Professor Tomaz Dentinho, iniciou o desenvolvimento dum modelo de interação espacial (sem ocupação do uso do solo) em Matlab® R2015b (MathWorks, 2015) que viria a ser já em 2016 o precursor do modelo utilizado no caso de estudo da ilha Terceira, o SIMLU V2.0.

A quinta fase do trabalho envolveu a aplicação e desenvolvimento do SIMLU V2.0, para a Terceira. Tratou-se da fase mais longa do desenvolvimento do trabalho, uma vez que a fase de testes e de introdução de funcionalidades prolongou-se em cerca de 3 anos, até resultar numa aplicação informática e independente com capacidade de operar nos sistemas operativos Linux® e Windows® (versões: XP, 7 e 10).

Nesta fase, foram realizados inquéritos aos agricultores da ilha Terceira, onde foram inquiridos acerca do valor dos terrenos agrícolas, posteriormente os dados foram agregados aos valores do mercado imobiliário (Rodrigues, 2016) e tratados estatisticamente, para a validação das *bid-rents*. O modelo foi aplicado à Terceira, calibrado e validado e posteriormente aplicado para os cenários de alterações climáticas dos RCP4.5 e RCP8.5, para três escalas temporais (2039, 2069, 2099).

1.4 - APRESENTAÇÃO

Este trabalho encontra-se organizado em 10 capítulos e a sua estrutura encontra-se esquematizada de acordo com a Figura 1. No capítulo 2 é apresentada uma revisão da literatura sobre as principais categorias de modelos de simulação do uso do solo e dos processos que promovem as mudanças no uso.

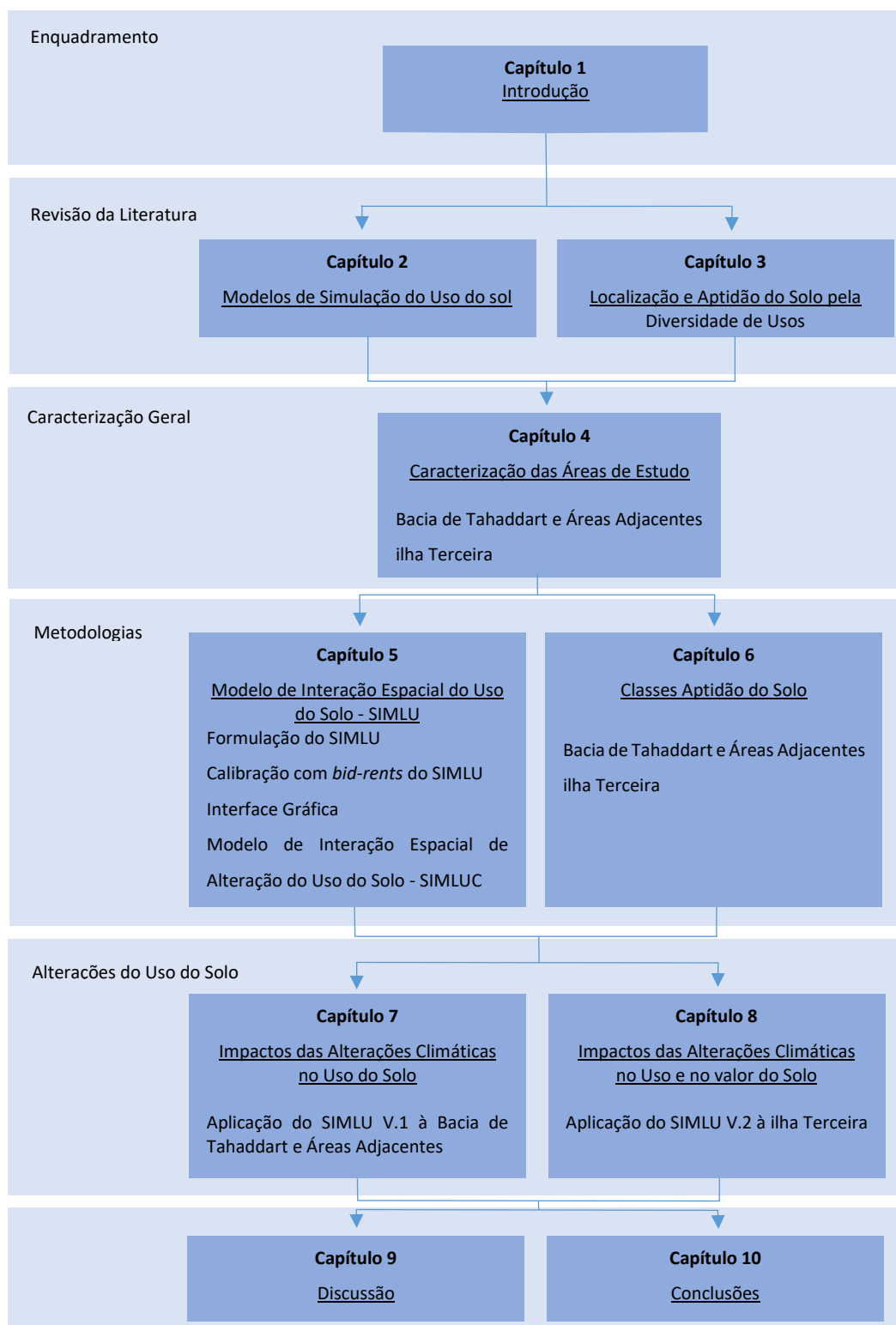


Figura 1 – Estrutura da dissertação

No capítulo 3 são abordadas as principais classificações do solo, assim como é feita uma revisão dos fundamentos científicos das teorias de localização.

No capítulo 4, é feita uma caracterização geral dos dois casos de estudo onde se insere a presente dissertação.

No capítulo 5 é apresentado a formulação do modelo de interação espacial do uso do solo, assim como todo o seu desenvolvimento da interface gráfica subjacente. São ainda abordados alguns princípios teóricos do modelo da base e dos modelos de interação espacial.

No capítulo 6 é apresentado o modelo geográfico de classes de uso do solo. Neste capítulo são ainda apresentadas as aptidões do uso do solo para os dois casos de estudo analisados: bacia de Tahaddart e áreas adjacentes e ilha Terceira.

O capítulo 7 e o capítulo 8 são dedicados ao impacto das alterações climáticas no uso do solo. Optou-se por apresentar cada um dos casos de estudo num capítulo distinto, uma vez que as versões do modelo utilizado são diferentes e os níveis de desagregação também, para além que no caso de estudo da ilha Terceira foi possível incluir o valor do solo. No capítulo 7, é feita uma abordagem sobre os modelos climáticos utilizados nas projeções do IPCC (2014), para os futuros cenários climáticos globais. Neste capítulo, estas projeções são utilizadas para estimar o uso do solo para a bacia de Tahaddart e áreas adjacentes, tendo sido aplicado o modelo de interação espacial do uso do solo – SIMLU *VI.0*.

No capítulo 8, é aplicado o modelo de interação espacial do uso do solo à ilha Terceira, com a utilização da segunda versão do modelo (SIMLU *V2.0*), onde foram introduzidas alterações que permitiram uma maior desagregação dos valores e onde foi pela primeira vez introduzido o valor do solo. O modelo é aplicado para estimar os impactos na população e no valor médio do solo, perante o cenário regionalizado RCP.8.5 para um horizonte temporal de 2099.

No capítulo 9 são discutidos os modelos de uso do solo, a sua relação face aos problemas emergentes relacionados com a ocupação do território e os desafios futuros.

Finalmente no capítulo 10, são feitas as conclusões finais sobre a utilização do modelo de interação espacial do uso do solo, o alcance dos objetivos propostos neste trabalho, os avanços metodológicos alcançados, sem deixar de referir as limitações inerentes ao próprio modelo.

CAPÍTULO 2

MODELOS DE SIMULAÇÃO DO USO DO SOLO

2 – MODELOS DE SIMULAÇÃO DO USO DO SOLO

2.1 – ABORDAGEM À REVISÃO DE LITERATURA

A necessidade de desenvolver ferramentas e aplicações para o tratamento da informação disponível, cada vez em maior número e grau de complexidade, é um processo fundamental que permite criar cenários de avaliação de dinâmicas territoriais através da observação detalhada do comportamento do território e dos agentes envolvidos. Se a reconstituição histórica dos territórios permite extrapolar tendências, a rapidez com que estas se processam em alguns locais, exige a consideração de uma multiplicidade de elementos e fatores explicativos, cuja consideração é largamente facilitada através da utilização de novos modelos de simulação do uso do solo (J. P. Costa, 2010; Ronneberger, 2006).

O uso¹ do solo estabelece uma ligação entre as decisões humanas e o ambiente. Os modelos de alteração do uso do solo tentam prever e descrever as modificações que ocorrem no solo, ao longo do espaço e do tempo (van Schrojenstein Lantman *et al.*, 2011).

Ao longo das últimas décadas foram desenvolvidos diversos modelos de alterações do uso do solo e de cobertura do solo, LUC (*Land Use Changes*) e LCC (*Land Cover Changes*), com o objetivo de compreender e avaliar os processos territoriais de interação entre o homem e o ambiente (Anselme *et al.*, 2010; Heistermann *et al.*, 2006; Eric Koomen *et al.*, 2011; P. H. Verburg *et al.*, 2004).

Obviamente, estes modelos são simplificações da realidade, mas à medida que a tecnologia da informação se desenvolve, proporcionando cada vez maior capacidade de computação, tornou-se possível incorporar maiores níveis de complexidade na modelação.

Na literatura, encontramos diferentes categorias de modelos de alterações do uso do solo, agrupados e classificados de acordo com os critérios de cada autor. William Baker (1989) define três categorias de modelos de acordo com a sua escala: modelos globais, modelos

¹ Alguns autores na literatura em língua portuguesa utilizam o termo “uso do solo” e outros o termo “ocupação do solo”. Em língua inglesa, não existe essa desambiguidade, utilizando-se apenas o termo *land use* e *land cover* (referente à cobertura do solo). O uso do solo é “o resultado da combinação total de atividades e *inputs* que as pessoas empreendem num determinado tipo de cobertura de solo” enquanto a cobertura do solo refere-se à “cobertura física e biológica observada que cobre a superfície terrestre, como a vegetação ou as alterações induzidas pelo Homem (FAO & UNEP, 1999). É muito utilizada em cartografia temática. Um exemplo muito conhecido, é a classificação *Corine Land Cover - CCL*, aplicada sobretudo na Europa.

de distribuição e modelos espaciais, dependendo do nível de detalhe incluído. Por outro lado, Helen Briassoulis (2000) agrupa os modelos em conformidade com base da tradição da modelação a que pertencem: estatísticos e econométricos, interação espacial, otimização, integrados ou com outras abordagens de modelação, ao contrário de Irwin *et al.* (2001) que classificou os modelos de acordo com o seu grau de explicitação espacial e a sua lógica económica.

Encontramos ainda outras classificações de modelos, agrupados entre estatísticos e empíricos, estocásticos, otimização, simulação dinâmica e de modelação integrada (E. F. Lambin *et al.*, 2000), conhecidos como modelos descritivos ou preditivos.

Outras classificações de uma perspetiva mais operacional tentam identificar e gerir as causas que influenciam a ocupação do solo (Agarwal *et al.*, 2000; Heistermann *et al.*, 2006; P. H. Verburg *et al.*, 2004).

Em 2000, Agarwal *et al.*, classificam os modelos de simulação do uso do solo, numa perspetiva tridimensional ao incluir as variáveis: espaço, tempo e decisão humana.

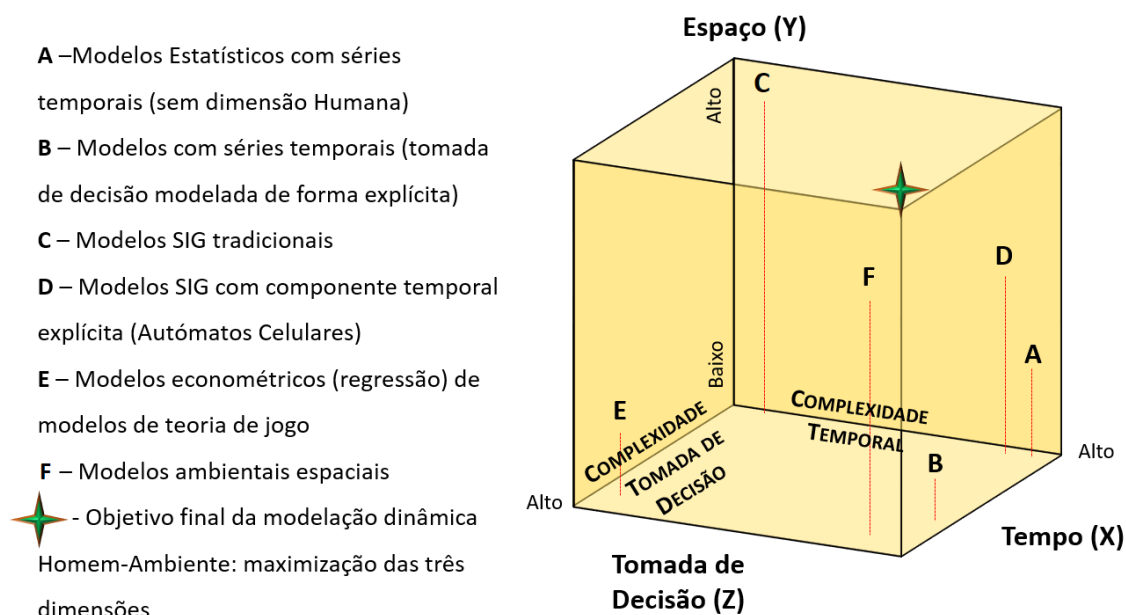


Figura 2- Quadro tridimensional dos modelos de uso do solo (adaptado de Agarwal *et. al.*,2002).

No seu quadro de tridimensionalidade (Figura 2), Chetan Agarwal identificou características que distinguem e aproximam diferentes abordagens de simulação do uso do solo. A primeira delas, refere-se à escala do modelo, que num contexto geográfico,

nomeadamente com SIG² - Sistemas de Informação Geográfica (*Geographic Information Systems*) assume uma preponderância fundamental, uma vez que é definida a resolução de análise (local, regional, continental e global). A segunda característica prende-se com a complexidade do modelo, uma vez que em modelos de interação homem-ambiente, relacionar o tempo (complexidade temporal) e o espaço (complexidade espacial), permite compreender as alterações ocorridas num determinado período e em determinado lugar. Relativamente á complexidade espacial, esta pode ser representativa³ (modelos geográficos tradicionais topológicos) ou interativa⁴ (modelos integrados). Por fim, a complexidade da tomada de decisão humana assenta numa escala de seis níveis de complexidade (Tabela 1).

Tabela 1 – Níveis de complexidade no processo de tomada de decisão humana ordenados por grau de complexidade de 1 a 6 (Agarwal *et al.*, 2002).

Níveis	Complexidade do processo de tomada de decisão humana
1	Sem tomada de decisão humana, são incluídas no modelo apenas as variáveis biofísicas.
2	O grau de decisão humana assumido, é determinado de acordo com a dimensão da população, alterações ou densidade.
3	O processo de tomada de decisão é visto como uma função de probabilidade que depende das variáveis socioeconómicas e / ou biofísicas e ainda da população, sem <i>feedback</i> do meio ambiente para a função de escolha.
4	O processo de tomada de decisão é visto como uma função de probabilidade que depende das variáveis socioeconómicas e / ou biofísicas e ainda da população, com <i>feedback</i> do meio ambiente para a função de escolha.
5	Um tipo de agente cujas decisões são amplamente modeladas em relação às escolhas feitas sobre variáveis que afetam outros processos e resultados
6	Tipos de agentes cujas decisões são amplamente modeladas em relação às escolhas feitas sobre variáveis que afetam outros processos e resultados. O modelo também poderá ter a capacidade de lidar com formas de mudança em domínios como períodos de análise temporal ou interação com agentes capacitados para a tomada de decisão, estabelecendo múltiplas escalas no processo de tomada de decisão humana.

² O primeiro *software* comercial SIG com interface gráfica foi lançado nos Estados Unidos da América em 1982, pela empresa fundada na Califórnia em 1969 por Jack e Laura Dangermond com o nome de *Environmental Systems Research Institute, Inc* (ESRI). Este primeiro *software* foi denominado de ArcInfo e funcionava no sistema operativo *UNIX*. Pouco depois, foi lançada a mesma versão para o sistema operativo *Windows*, sendo um sucesso de mercado, fazendo a que até aos dias de hoje a empresa seja líder de mercado neste sector, apesar da popularidade que tem vindo a assumir o *software* SIG *Open Source*".

³ Um modelo espacialmente representativo, tem a capacidade de incorporar, produzir ou exibir dados espaciais em duas ou três dimensões. No entanto, não tem capacidade para modelar relações topológicas e interações entre elementos geográficos (células, linhas, pontos e polígonos).

⁴ Um modelo espacialmente interativo, define explicitamente as relações espaciais e as suas interações entre entidades ou células vizinhas.

Por seu lado Verburg *et al.* (2004), distingue os modelos de simulação com base em sete características distintas: nível de análise, dinâmica de escala, fatores de mudança, interação espacial, efeito de vizinhança, dinâmica temporal e nível de integração.

Uma abordagem mais direta é a de Heistermann *et al.* (2006), que classifica apenas os modelos de simulação entre: geográficos, económicos ou a integração dos dois.

Por fim, Koomen e Stillwell (2007) optaram por não distinguir os modelos de simulação em diferentes categorias, centrando-se apenas no tipo de características que estes apresentavam: transformação - localização, determinístico - probabilístico, sectorial – integral e zonas/grelhas.

Das diversas classificações de modelos, encontramos fatores comuns nas diferentes categorias de modelos de simulação do uso do solo, onde se pode reconhecer facilmente, a distinção entre modelos dinâmicos e modelos integrados. No entanto torna-se difícil comparar as diferentes classificações encontradas na literatura, uma vez que são utilizadas metodologias distintas e são efetuadas abordagens muito diferentes de acordo com o campo de investigação onde se inserem.

A complexidade geral dos modelos de simulação, aliada ao facto da modelação do uso do solo ser um campo de investigação interdisciplinar, poderá eventualmente explicar as diferentes classificações utilizadas por diferentes autores. No entanto, e apesar das grandes diferenças entre os variadíssimos modelos de simulação do uso do solo, todos eles têm uma base em comum.

Os modelos descritivos dizem respeito às alterações no uso do solo e tentam discutir os fatores que as provocam. Para recolher informação, estes modelos usam métodos de interpretação de dados de deteção remota, sendo aplicados a grandes áreas, onde é difícil obter informação para calibrar outros tipos de modelos. Alguns exemplos deste tipo de modelos incluem a análise da evolução da intensificação do uso do solo em Velingara, Senegal (Wood *et al.*, 2004), o estudo da evolução da floresta face à plantação de chá no Uganda (Mulley & Unruh, 2004), ou a compreensão dos efeitos geográficos e sociais das reformas agrícolas e florestais na bacia do Xizhuang, China (Jianchu *et al.*, 2005).

Os modelos estocásticos aplicados às mudanças do uso do solo consistem em modelos probabilísticos de transição entre diferentes estados do sistema. Por exemplo, Thornton & Jones (1998) apresentaram um modelo conceptual baseado nas cadeias de Markov e em regras de decisão simples, que permite interpretar os impactos ambientais causados

por mudanças exógenas na tecnologia, na economia, e nas regulações públicas. Os modelos estocásticos permitem compreender quando e onde determinadas mudanças no uso do solo ocorreram no passado e permite prever quando irão ocorrer num futuro próximo, mantendo-se constantes as regras de evolução.

Em 2014, o *National Research Council* propôs uma classificação que engloba a maioria das categorias de modelos de uso do solo descritos anteriormente, definindo seis categorias de abordagens representadas na Tabela 2.

Tabela 2 – Abordagens de modelação do uso do solo, proposto pelo *National Research Council* (Committee, 2014)

Abordagens de Modelação	Descrição
1 Algoritmos inteligentes ⁵ e modelos estatísticos	Geralmente automatizados, estes modelos desenvolvidos em <i>software</i> , muitas vezes em aplicação independentes, reconhecem os padrões de mudança e têm capacidade de os reproduzir.
2 Celular	Integram os mapas de uso do solo e de aptidão, tendo em conta o efeito de vizinhança e permitem quantificar as mudanças ocorridas
3 Desagregação espacial e modelos económicos	Permitem a avaliação através de modelos econométricos, de forma estrutural e reduzida, identificando as relações naturais que influenciam o equilíbrio espacial dos sistemas.
4 Modelos económicos baseados em setores	Recorrem a modelos estruturais de equilíbrio parcial ou geral para representar a procura e a oferta de terra por setores económicos de cada região, com base na atividade económica de cada setor e relacionando com a atividade económica geral
5 Modelos baseados em agentes	Permitem simulações com base em ações e decisões heterogéneas por parte de atores que interagem com a superfície terrestre e que conduzem a processos de alteração do uso do solo.
6 Modelos híbridos	Incluem aplicações que combinam diferentes abordagens num único modelo ou quadro de modelação.

Por sua vez, os modelos estatísticos tentam identificar as causas para as mudanças do uso do solo através de análise multivariada que enfatiza os fatores exógenos das mudanças observadas no uso do solo. Podem ser usados modelos de regressão múltipla lineares (Tomppo *et al.*, 2002) e não lineares (E. F. Lambin *et al.*, 2000; Stéphenne & Lambin, 2001), mas também modelos de redes neuronais e métodos de máxima similitude (Joshi

⁵ Algoritmos inteligentes, foi o termo adotado em Português para a denominação em Inglês “*Machine Learning*”. A ideia subjacente, é que os Machine Learning, são modelos desenvolvidos com algoritmos com capacidade de leituras de bases de dados, sem ser necessário recorrer a regras de programação.

et al., 2006), permitindo, por exemplo, a caracterização das estratégias de gestão dos agricultores em Andapa, Madagáscar (Laney, 2004), ou em Kiriya, Kenya (Dorsey, 1999).

Os modelos geográficos/empíricos consideram as mudanças no uso do solo ao longo do tempo com diferentes escalas de desagregação e podem ser usados para avaliar o impacto das tendências da procura ao nível nacional (H. P. Verburg *et al.*, 2002).

2.1.1 – PROCESSOS DE ALTERAÇÃO DO USO DO SOLO

A alteração do uso do solo é o resultado de fenómenos biofísicos e socioeconómicos, que dependem de fatores como a localização espacial, a escala de resolução e o tipo de uso do solo.

Em 2004, (P. H. Verburg *et al.*, 2004b) definiram quatro princípios básicos dos modelos de simulação do uso do solo, conhecidos como “*core principles in land use modelling*”. De acordo com estes autores, qualquer que seja o modelo de simulação do uso do solo, este tem que incorporar pelo menos um dos seguintes processos: a) desenvolvimento histórico contínuo; b) aptidão do uso do solo; c) interação entre a vizinhança; d) interação entre agentes.

2.1.1.1 – Desenvolvimento Histórico Contínuo

A premissa por detrás dos processos de alterações do uso do solo baseia-se no facto de os cenários futuros poderem ser previstos a partir da análise das mudanças ocorridas no passado. Este conceito pode ser interpretado de várias formas. Por exemplo: “*As pessoas no passado gostavam de viver perto da água, logo no futuro também irão gostar*” ou “*15% da floresta foi ocupada por áreas residenciais, por isso estima-se que para o mesmo período de tempo futuro, volte a acontecer o mesmo*” (van Schrojenstein Lantman *et al.*, 2011) ou ainda “*...na China entre os anos de 1950 e 1980, a maioria da floresta nativa desapareceu dando lugar a campos agrícolas de produção intensiva, no entanto com o rápido crescimento populacional estima-se que a curto prazo o país já não consiga ser autosuficiente em termos alimentares*” (Miao *et al.*, 2016).

Este processo é amplamente utilizado em modelos de ocupação do uso do solo, ainda que nem sempre se possa extrapolar, uma vez que se trata duma inferência dedutiva e como tal a abordagem das permissas, devem ser testadas e analisadas previamente e de forma prudente.

2.1.1.2 – Aptidão do Uso do Solo

A aptidão do uso do solo é um processo muito utilizado em modelos de simulação agronómicos e ambientais. Incorpora um vasto conjunto de fatores, como: capacidade de uso do solo, características pedológicas, climáticas, orográficas, localização, distância aos mercados e a sua localização espacial (Kamau *et al.*, 2015; Luz, 2003; Silveira, 2009). Estes modelos incorporam modelos de crescimento de culturas (*Crop Models* ou *Crop Yields*), desenvolvidos para determinadas zonas, ou a nível global como por exemplo o FAO-AQUACROP e FAO-ECOCROP (FAO, 1997) da Organização das Nações Unidas para a Alimentação e Agricultura (*Food and Agriculture Organization of the United Nations*) ou o CropSys (Stöckle *et al.*, 2003) desenvolvido pela Universidade de Washington.

De acordo com van Schrojenstein Lantman *et al.*, (2011) a premissa subjacente nos processos de determinação de aptidão do uso do solo, prende-se na maioria dos casos estudados, com a maximização do lucro de forma quantitativa (expresso em unidades monetárias) ou em unidades não mensuráveis, de uma forma qualitativa.

2.1.1.3 – Interação e o Efeito da Vizinhança

Para Verburg *et. al* (2004b) os padrões de ocupação do uso do solo apresentam sempre uma auto correlação espacial na sua área envolvente. A explicação para tal, pode ser encontrada em grande parte devido à agregação dos elementos e gradientes de paisagem, influenciados por fatores ambientais característicos de determinada zona, que acabam por condicionar o padrão de ocupação do território.

Uma outra razão para a autocorrelação espacial dos padrões do uso do solo, são as interações espaciais entre os diferentes tipos de uso. Um exemplo clássico deste conceito, explicado sobretudo pelas economias de escala, é aquele que se verifica muitas vezes com a expansão urbana, onde esta surge normalmente em áreas próximas ou mesmo contingentes ao tecido urbano já consolidado.

Em paisagens agrícolas, a adoção de determinados tipos de padrões de cultivo ou de tecnologias, também pode exibir efeitos espaciais observáveis, como aqueles que encontramos nas pastagens Açorianas, nos montados alentejanos ou ainda nas vinhas do Douro. Outros tipos de uso do solo podem preferencialmente ser localizados a uma certa distância um do outro, como por exemplo a proximidade de um aeroporto a uma zona

residencial, levando a uma autocorrelação negativa como aquela que encontramos na cidade de Lisboa.

A autocorrelação espacial nos padrões de ocupação do uso do solo depende da escala em que esta se apresenta, podendo ser agregada ou desagregada, positiva ou negativa (Irwin & Geoghegan, 2001; P. H. Verburg *et al.*, 2004b). A importância destas dependências espaciais estruturais é cada vez mais reconhecida de forma interdisciplinar (geógrafos, paisagistas, economistas) levando ao desenvolvimento de novas técnicas estatísticas para quantificar dependências espaciais na ocupação do uso do solo (Griffith, 2012).

Em termos de modelação da ocupação do uso do solo, a interação espacial e o efeito da vizinhança, está subjacente em grande parte dos modelos de simulação, nomeadamente nos autómatos celulares. Este conceito parte do princípio que a transição de um tipo de uso para outro, é influenciado pelo tipo de uso que se verifica na vizinhança. Nos autómatos celulares, estas condicionantes podem ser de carácter biofísico (o tipo de cobertura do solo afeta as células vizinhas) ou apenas socioeconómicos (por exemplo o modelo centro-periferia da nova geografia económica de Krugman), onde a transição do uso do solo numa célula é influenciada pelas células vizinhas.

2.1.1.4 – Interação entre Agentes

Este conceito assume que o ator ou o agente centra-se no processo de tomada de decisão e que as alterações do uso do solo são processos que resultam da interação entre os diferentes agentes. Podem ser representados por entidades individuais ou por grupos de agentes, dependendo da escala da modelação.

O princípio fundamental subjacente ao processo de tomada de decisão por agentes, tem como objetivo, entender e explicar de que forma os fatores socioeconómicos, associados a opções políticas, podem condicionar o desenvolvimento. Vários autores (Batty *et al.*, 2012; Jjumba & Dragičević, 2012; Varela *et al.*, 2015) defendem que se trata de um campo promissor e de vanguarda em termos de modelação do uso do solo, uma vez que permite uma maior envolvimento da sociedade nos processos de tomada de decisão, ao incorporar a influência humana e as suas preferências, de uma forma explícita, formal e espacial, a diferentes níveis (Matthews *et al.*, 2007).

Ainda de acordo com van Schrojenstein Lantman *et al.* (2011), apesar de este conceito ter sido acolhido com grande entusiasmo pela comunidade científica, só recentemente se

tem vindo a monitorizar as preferências em certos casos de estudo, pelo que se torna difícil a validação dos modelos por insuficiência de dados.

2.2 - MODELOS GEOGRÁFICOS DO USO DO SOLO

Os modelos geográficos são utilizados de forma interdisciplinar, desde as ciências sociais às ciências naturais. A análise das condicionantes espaciais que determinam a ocupação do território é a base onde assenta as ciências geográficas (Ronneberger, 2006). A maioria dos estudos geográficos sobre o uso do solo, relacionam-se com as propriedades do território, a sua aptidão para diferentes tipos de uso e a sua localização.

Com o rápido desenvolvimento de programas computacionais orientados para os campos da deteção remota e dos sistemas de informação geográfica – SIG, os modelos geográficos foram impulsionados, acabando por ser um complemento de outros modelos, nomeadamente os modelos económicos, agronómicos, ambientais, entre outros (Burrough *et al.*, 2015; Chang-Martínez *et al.*, 2015).

No conceito clássico, os modelos geográficos são um instrumento essencial nas áreas do planeamento e ordenamento do território, assumindo características descritivas e topológicas, mas não explicam por si só os fatores que condicionam a ocupação do solo, ou que levam à sua mudança de uso (Agarwal *et al.*, 2000).

Estes modelos incorporam uma dimensão espacial e normalmente os seus dados são armazenados em unidades de geoprocessamento. Têm como *inputs* dados temáticos estáticos, que descrevem a distribuição espacial de uma grandeza, como: a capacidade de uso, a aptidão cultural, o relevo, normais climatológicas (Goodchild, 1992), podendo ainda ser ligados a informação cadastral, redes⁶, modelos numéricos⁷ do terreno, imagens⁸ (Burrough, 1986).

A Tabela 3 da página seguinte, sintetiza as principais características de alguns dos modelos geográficos de uso do solo mais citados na literatura, atendendo a diferentes características: tipo do modelo, natureza disciplinar, área ou setor de atividade, escala ou resolução, técnicas utilizadas e período de análise temporal.

⁶ Serviços de utilidade pública, como água, luz e telefone; redes de drenagem ou redes de estradas

⁷ Modelos com informação alfa-numérica, como por exemplo *grids* de altimetria

⁸ Fotografias aéreas, imagens de satélite, mapas, que podem ser georreferenciadas ou não.

Tabela 3 – Características gerais de alguns modelos geográficos (adaptado de Michetti *et al.* 2014)

Modelo	Tipo	Natureza	Área	Escala	Técnica	Período
KLUM ^a	Otimização baseada em agentes	Modelo geográfico; baseado nas regras de maximização dos lucros	Agricultura	Global	Estático	Ano de base 1997 Análise: 1997-2050
ACCELERATES ^b	Modelo de otimização/ modelo baseado em agentes/Modelo integrado de avaliação	Modelo geográfico; baseado nas regras de maximização dos lucros	Agricultura (na maioria das aplicações)	Macro-regional ou outras áreas locais	Estático/Comparativo	Análise 2000-2050
CLUE ^c	Estatístico/Modelo de simulação	Modelo geográfico	Múltiplos tipos de uso do solo	Regional	Modelo de sistemas dinâmicos/Estatístico	Análises de várias décadas 20-40
ELPEN-System ^d	Estatístico/Modelo de simulação	Modelo geográfico	Agricultura e Pecuária	Europa	(modelo de regressão linear múltipla)	Ano de base 1997 e 2000
LAMOS ^e	Modelo baseado em agentes	Modelo geográfico baseado na distribuição dos padrões de uso do solo	Ecologia, Biologia e Paisagem	Global	Estático, comparativo, descritivo, histórico	300 anos antes do período de referência
SALU ^f	Modelo baseados em agentes	Modelo geográfico	Agricultura	Sahel (África Subsaariana)	Modelo de simulação dinâmica	Algumas décadas após o período de referência

^a KUM Model (Ronneberger, 2006)

^b ACCELERATES (Rounsevell *et al.*, 2003)

^c CLUE (de Koning *et al.*, 1999; Veldkamp & Fresco, 1996; P. H. Verburg & Overmars, 2009; Wassenaar *et al.*, 2007)

^d ELPEN (Wright *et al.*, 1999)

^f SALU (Stephenne & Lambin, 2004; Stéphenne & Lambin, 2001)

^eLAMOS (Lavorel *et al.*)

A maioria dos modelos geográficos desenvolvidos, são utilizados a nível local ou regional, apresentando-se a uma pequena escala, o que normalmente impede a sua replicação e sua generalização, acabando por apresentar uma menor visibilidade no

campo da literatura, ainda que certos autores defendam que são esses modelos que traduzem de forma mais eficiente os processos que se verificam na realidade. Por oposição, são os modelos geográficos desenvolvidos a grandes escalas, os mais referenciados, ocupando assim, uma maior visibilidade e que Heistermann *et al.* (2006) distinguiu entre modelos estatísticos e modelos baseados em agentes.

2.2.1 – APLICAÇÕES BASEADAS EM ANÁLISES EMPÍRICAS E ESTATÍSTICAS

A análise estatística é uma ferramenta essencial e amplamente utilizada em aplicações de simulação do uso do solo. A informação estatística pode ser baseada em qualquer um dos quatro princípios fundamentais dos processos de alteração do uso do solo, dependendo do âmbito do estudo. Existe uma vasta gama de *software* disponíveis que possibilitam o tratamento estatístico, com funções mais limitadas como as que encontramos no Microsoft Excel®, ou em outros com maiores recursos como o FRAGSTATS®, IBM SPSS® ou o STATA® entre outros.

Os modelos de regressão linear, regressão *probit*, binominal e multinominal *logit*, são utilizados para analisar as relações estatísticas nos modelos de simulação do uso do solo, tanto para a análise da situação de referência como para as alterações futuras.

A análise *probit* permite a interpretação do modelo linear (Demaris, 1992). A regressão logística por seu lado é utilizada na análise da probabilidade de ocorrência, dependendo de diferentes tipos de fatores como por exemplo, o tipo de ocupação de referência, as características biofísicas em que se insere ou a distância aos mercados (P. H. Verburg *et al.*, 2004b). Tanto na análise *probit* como na regressão logística, os coeficientes de conversão são calculados normalmente a partir dados de ocupação do solo, relativos a períodos históricos e posteriormente extrapolados na previsão de cenários futuros (E. Koomen & Stillwell, 2007).

O modelo *logit*, normalmente baseia-se na interação e no efeito da vizinhança, utilizando para tal de forma isolada ou integrada, séries de dados históricos de alterações do uso do solo, cartas de aptidão do solo ou localização espacial (van Schrojenstein Lantman *et al.*, 2011).

O modelo binário *logit*, é a variante matemática do modelo ordinário linear, que permite desenvolver simulações e previsões relativamente a todas as opções envolvidas, enquanto, que o modelo multinominal *logit*, integra todas as categorias dos diferentes

usos do solo numa única categoria de referência, a partir da qual se estima os impactos nas variáveis utilizadas (Demaris, 1992; Liao, 1994).

Uma das primeiras aplicações a incorporar os modelos *logit* em simulações do uso do solo foi o modelo CLUE (ainda que em diferentes escalas de resolução) de Veldkamp & Fresco (1996), desenvolvido inicialmente para estudar o impacto da desflorestação na Costa Rica e posteriormente aplicado noutras regiões do globo, como na China por Verburg *et al.* (1999) ou para toda América Central e grande parte da América do Sul por Wassenaar *et al.* (2007). O pressuposto subjacente à estrutura do modelo CLUE, e que se assumiu como uma referência entre os modelos de simulação do uso do solo, assenta no fato das relações espaciais observadas entre os diferentes tipos de uso do solo e os seus potenciais fatores explicativos, representarem os processos atuais e permanecem válidos no futuro.

A relação quantitativa entre a distribuição observada do uso do solo e as variáveis espaciais é obtida através de regressões múltiplas. Por esta razão, o modelo CLUE é geralmente referido como um modelo empírico-estatístico (Ronneberger, 2006). No entanto, a análise estatística é apoiada por um conjunto de regras de transição que de uma forma adicional controlam a competição entre os diferentes tipos de uso. As alterações de uso de solo estimadas por este modelo são desenvolvidas para grandes escalas, uma vez que resultam de fatores de procura à escala nacional ou mesmo continental. No entanto, a análise de regressões não permite uma interação mais profunda nos vetores que induzem os processos de alterações do uso do solo, o que de resto é reconhecido pelos próprios autores. Isto leva a que as projeções efetuadas para longo prazo apresentem um grau de incerteza elevado, uma vez que as relações empíricas não podem ser consideradas constantes por períodos demasiado longos. Por outro lado, a análise empírica pode ajudar na identificação de processos-chave e assim facilitar a compreensão do comportamento do sistema.

Encontramos outros modelos assentes na descrição estatística, como por exemplo o ELPEN-System (Wright *et al.*, 1999), que permite simular alterações ocorridas no uso do solo, tanto para o passado como para o futuro. Estes modelos empírico-estatísticos têm a vantagem de ser relativamente simples de construir, mas tornam-se vulneráveis na sua fundamentação teórica, uma vez que não permitem entender e simular os processos que realmente levam à mudança do uso do solo, como por exemplo cenários socioeconómicos divergentes (Geoghegan *et al.*, 2004; Eric Koomen *et al.*, 2011).

2.2.2 – APLICAÇÕES BASEADAS EM REGRAS DE DECISÃO

Os processos de simulação baseados em regras de decisão (*rule-based* ou *process based simulation*) são metodologias que na sua gênese, procuram fazer uma abordagem da realidade através dum conjunto de regras previamente definidas: restritas, quantitativas e baseadas em regras de localização. Estas metodologias são utilizadas sobretudo no campo das ciências físicas e sociais, aplicadas normalmente em combinação com SIG e podem resultar de processos naturais (erosão do solo ou processos dinâmicos da paisagem) ou de processos com origem antrópica.

Os modelos KLUM e ACCELERTE são um bom exemplo ilustrativo da utilização desta metodologia, onde as regras impostas resultam da decisão de agentes com o objetivo de maximizar o rendimento do uso do solo, sobretudo no setor agrícola. Por sua vez, o modelo SALU, também vocacionado para o setor agrícola, além da maximização do rendimento, incorpora premissas subjetivas que resultam de políticas de regulamentação, onde os agentes de decisão não são apenas os agricultores, mas também os atores políticos que intervêm diretamente no processo de regulamentação do setor.

Do ponto de vista de dinâmica dos ecossistemas, o *Landscape Modelling Shell – LAMOS* (Lavorel *et al.*) integra uma descrição quantitativa de diferentes processos de alteração do uso do solo, como sucessão de vegetação, distúrbios e dispersão, de forma a simular possíveis padrões ecológicos de paisagem.

Os modelos de simulação que integram técnicas baseadas em regras de decisão permitem sempre ao utilizador incluir de forma explícita, restrições que orientam o seu comportamento (Klosterman & Pettit, 2005). Esta característica flexível permite aos modelos simular e quantificar em termos espaciais as consequências que resultam do processo de tomada de decisão, acabando por assumir uma grande popularidade e utilidade como ferramenta de apoio na área no planeamento.

Comparativamente, às metodologias de análise empíricas e estatísticas, as metodologias baseadas em regras de decisão abordam de uma forma mais explícita os processos que conduzem às alterações do uso do solo e os fatores que as induzem. Estas metodologias podem capturar os efeitos de novas políticas sobre a ocupação do uso do solo e ainda incluir diferentes vetores que permitam a previsão da ocupação futura (Michetti & Zampieri, 2014).

Independentemente das metodologias utilizadas e da utilidade das mesmas em termos geográficos, os modelos geográficos de forma geral, partilham uma carência de endogeneidade quando se pretende explicar os padrões de distribuição do uso do solo, uma vez que alguns dos principais fatores (socioeconómicos, ambientais ou outros) são assumidos como exógenos ao sistema.

Apesar dos esforços de integração da economia e da biofísica, a estrutura dos modelos geográficos, continua a ser mais útil na análise do tipo de uso do solo e na sua cobertura, que nas mudanças do uso do solo ao longo do tempo, uma vez que não incorporam nem os aspetos económicos nem sistema de preferências inerente ao comportamento humano, nem envolvem respostas de produção e consumo perante a alteração dos preços de mercado (Abdullahi & Pradhan, 2016; Michetti & Zampieri, 2014; Ronneberger, 2006).

2.3 - MODELOS ECONÓMICOS

Os modelos económicos do uso do solo assumem uma procura do território, influenciada por um sistema de preferências, motivações, mercados, acessibilidades e população, que determinam o uso do solo (Dietzel & Clarke, 2006; Lambin *et al.*, 1999; Stephenne & Lambin, 2001; Turner *et al.*, 1995).

Nos últimos vinte anos, assistimos a um crescente interesse pela avaliação e o tratamento científico dos problemas ambientais, criando um novo incentivo para reintroduzir o uso do solo nos modelos económicos convencionais, de forma a estabelecer uma ligação direta entre a economia e o meio ambiente.

São várias as razões que conferem ao território um estatuto de ativo económico espacial. Em primeiro lugar, a oferta de solo ou de terras (como é vulgarmente designado) é fixa, criando relações específicas de procura e oferta. Em segundo lugar, cada parcela de terreno tem uma localização fixa com características específicas relativamente à sua qualidade do solo, condições climáticas que beneficia, altitude, declive, acessibilidades entre outros. Desta forma, o ativo comercial está longe de ser homogéneo (uma característica clássica dos modelos económicos de uso do solo), afetando severamente a análise de preços. Em terceiro lugar, o tipo de uso em determinado local influencia a utilização do solo nas proximidades, onde se pode criar um impacto negativo ou positivo. Por exemplo, as infraestruturas básicas ou as indústrias provocam distúrbios visuais negativos para muitos. Por outro lado, a agricultura de pequena escala pode aumentar o valor estético e natural da paisagem. Estes impactos são definidos pelos economistas,

como externalidades do uso do solo, onde muitas vezes dá origem à intervenção do estado enquanto entidade reguladora. Exemplos dessa intervenção incluem: a proibição de moradias na proximidade de grandes propriedades industriais ou aeroportos, onde o setor industrial é transferido para os arredores das cidades; os subsídios concedidos aos agricultores com o pretexto de fornecerem “natureza” como um produto adicional sob condições agronómicas de excelência (E. Koomen & Stillwell, 2007) ou ainda a proibição de construção na paisagem protegida da vinha dos Biscoitos⁹ na ilha Terceira e os apoios monetários para o cultivo das parcelas abandonadas.

Combinadas com uma oferta limitada e de heterogeneidade dos territórios, as externalidades e as intervenções governamentais resultantes, são expressas num mercado de terras segmentado, para cada tipo de função, onde são estabelecidos diferentes preços “green” (agricultura e natureza) e “red” (habitação, emprego, infraestruturas), fazendo com que existam consideráveis diferenças de preços em termos espaciais, consoante o mercado setorial a que se refere (Buurman *et al.*, 2001).

Assim sendo, os modelos económicos do uso do solo, podem ser agrupados em duas categorias distintas: a) modelos econométricos e de análise Ricardiana, b) modelos de equilíbrio e otimização.

2.3.1 – MODELOS ECONOMÉTRICOS E DE ANÁLISE RICARDIANA

Na modelação das alterações do uso do solo, os modelos econométricos são utilizados para estimar o custo de oportunidade do uso solo, analisando por exemplo as decisões históricas dos proprietários, as preferências reveladas entre outros. Estes modelos relacionam a alocação do solo a determinado tipo de uso permitindo desta forma analisar os diferentes preços de mercado inerente a cada uso. Ao derivar uma função de resposta, essa abordagem permite simular o comportamento dos proprietários perante diferentes cenários de natureza política ou não (como a atribuição de subsídios governamentais para o sequestro do carbono em áreas florestais ou para a manutenção de determinado tipo de vegetação em áreas de recarga de aquíferos).

⁹ A paisagem protegida da vinha dos Biscoitos, situa-se numa pequena área litoral (165 ha) a Norte da ilha Terceira, constituída por uma área costeira de biscoito (pedra basáltica), com terrenos compartimentados por pequenas parcelas delimitadas por muretes de pedra basáltica (protegendo as vinhas da ação abrasiva do mar e das intempéries), para produção de vinho verde, que constituem uma arquitetura rural edificada desde o povoamento da ilha Terceira. Nas últimas décadas, a pressão urbanística sobre a zona litoral dos Biscoitos, criou uma ameaça à manutenção paisagística desta zona, que levou à sua classificação e regulamentação do seu uso.

De uma forma geral, o interesse em implementar uma abordagem econométrica reside na sua flexibilidade e da forma relativamente simples com que, por um lado é possível ter em conta vários fatores que afetam o custo de oportunidade da terra, por outro, possibilita a incorporação de alterações da qualidade do solo permitindo analisar as preferências dos proprietários.

No entanto esta metodologia é suscetível de algumas críticas. Em primeiro lugar, normalmente negligencia o papel da tecnologia e por vezes da variabilidade climática. Em segundo lugar, assume que os fatores de condução são exógenos não permitindo assim uma análise clara de todo o sistema. Ao mesmo tempo diversos autores (Mertens & Lambin, 2000; Pfaff, 1999; Toppinen & Kuuluvainen, 2010) identificam problemas estatísticos de endogeneidade, co-linearidade e casualidade reversa, que surgem com frequência relativamente a certas variáveis explicativas dos modelos (crescimento demográfico, preços, preferências, entre outras). Além disso, estas abordagens são frequentemente desenvolvidas num quadro de análise de curto prazo com amostras relativamente pequenas, resultando num baixo grau explicativo (P. H. Verburg *et al.*, 2004b). Por fim, as técnicas de regressão tipicamente implementadas, não deixam espaço para uma compreensão abrangente das interações entre os fatores subjacentes, processos e as suas relações, uma vez que na maioria dos casos são consideradas constantes no tempo. Estes aspetos requerem uma análise cuidadosa dos resultados, sobretudo para análises de longo prazo (Heistermann *et al.*, 2006).

Uma metodologia paralela e complementar da econométrica é a abordagem Ricardiana. Os conceitos teóricos de Ricardo (1817), e posteriormente num contexto mais espacial por Von Thünen (1826), lançaram as bases da teoria do preço da terra e do uso do solo, que mais tarde foram recuperados por Alonso (1967) e que se mantêm válidos na atualidade. Efetivamente, Ricardo demonstrou a variabilidade do preço da terra em função dos diferentes níveis de fertilidade do solo, enquanto Von Thünen se centrou mais no impacto da distância e dos custos de transporte para explicar os padrões de uso do solo e os preços das terras. Estes conceitos serão abordados com mais pormenor no capítulo 3 onde é apresentada uma revisão mais detalhada relativamente às teorias de localização.

Comparativamente aos modelos econométricos *per si*, a abordagem Ricardiana na modelação do uso do solo, suscitou o interesse de diversos autores sobretudo a partir da década de 1990 (Mendelsohn & Nordhaus, 1999; Sanghi & Mendelsohn, 2008; Van Passel *et al.*, 2016), uma vez que possibilitavam uma análise transversal, permitindo

quantificar os impactos das alterações climáticas nos sistemas de preferência dos proprietários. No entanto, apesar desta abordagem Ricardiana dar um grande ênfase à variabilidade climática, comparativamente às abordagens econométricas tradicionais, a utilização de séries anuais de variáveis climáticas leva a resultados instáveis no campo da modelação (Deschênes & Greenstone, 2007). Além do mais, a variabilidade climática inter-anual é normalmente utilizada como *proxy*, para séries de variação climática intemporal, sendo, portanto, improvável que possa ser prevista pelos agricultores. Assim sendo, a utilização das variáveis climáticas inter-anuais, tornam-se um fator frágil quando se pretende encontrar medidas de adaptação ao uso do solo tanto dos agricultores como dos proprietários, perante cenários globais de alterações climáticas (Masseti & Mendelsohn, 2011). Recentemente esta metodologia tem vindo a incorporar cada vez mais técnicas de *choice-experiment* explorando painéis de análise de estudo, onde são registrados as preferências e escolhas dos agricultores sobre o tipo de uso do solo ao longo do tempo, como é o caso da queima generalizada de resíduos de arroz no Paquistão para a preparação do solo para o cultivo do trigo (Ahmed *et al.*, 2015).

Para Michetti *et al.*, (2014), pelo fato de, tanto as abordagens econométricas tradicionais como as Ricardianas, serem utilizadas maioritariamente em análises regionais, estas dificultam o escalonamento e a generalização dos dados quando se pretende responder a questões globais como é o caso Aquecimento Global.

Ronneberger *et al.* (2006) vão mais longe, afirmando que, apesar destes modelos pretenderem estudar o impacto das mudanças ambientais no bem-estar económico futuro, tendo por base o uso do solo, não podem ser considerados modelos de uso ou de alteração do uso do solo, uma vez que se focalizam nas mudanças estruturais dos mercados no uso intensivo dos terrenos para a produção de bens ou nas emissões relacionadas com a própria ocupação do território e nunca na alocação do solo.

Finalmente, outra crítica apontada frequentemente a estas metodologias, assenta na lacuna relacionada com o tratamento endógeno das forças que impulsionam e promovem as alterações do uso do solo, uma vez que na maioria das situações, não promove nenhum *feedback* físico ou económico no sistema.

2.3.2 – MODELOS DE EQUILÍBRIO

A ciência económica lida com a otimização da alocação de recursos escassos, assumindo uma maximização do bem-estar individual/regional ou os lucros das empresas sob

determinadas restrições (orçamentais, recursos naturais ou tecnologia). O mesmo foco aplica-se aos setores de uso do solo, sendo analisadas as estruturas de mercado de forma a entender as decisões que condicionam a sua ocupação (Ronneberger, 2006). Pelo fato, destas análises serem expressas sobretudo em termos monetários à luz da ciência económica, limita desde logo uma análise mais abrangente, uma vez que nem todos os fatores podem ser decompostos em unidades monetárias.

A maioria dos modelos económicos do uso do solo são modelos de equilíbrio, que tentam explicar a alocação da terra através de estruturas de oferta e de procura, dos setores tradicionais de uso intensivo do solo. Desta forma, os modelos de equilíbrio são frequentemente utilizados para avaliar os impactos das alterações do uso do solo, avaliando o efeito da política de regulação sobre o território, capturando *trade-offs* entre os custos de oportunidade das medidas estratégicas de mitigação do uso do solo, dinâmica de preços, bem como outras interações económicas entre setores e/ou regiões.

Um dos princípios fundamentais destes modelos consiste em equiparar as funções de procura e oferta sob determinadas restrições exógenas. Estes modelos podem incluir praticamente todo o tipo de *commodities*¹⁰, como *inputs* ou *outputs*, onde os seus parâmetros mais importantes são as elasticidades que permitem descrever as preferências do consumidor e a viabilidade do lado do produtor, determinando o impacto das alterações dos fatores de produção na produção de outras *commodities*.

O solo é geralmente tido em conta como um *input*, para a produção e é tratado como um bem local ou regional não transacionável, onde se assume como fixo ou não extensível as áreas economicamente inacessíveis. Este conceito muito prático, impede efeitos de captura, resultando por exemplo numa contração de terrenos agrícolas perante fenómenos de expansão urbana.

Tradicionalmente o conceito de solo é visto como um bem local ou regional que suporta todas as funções do ecossistema e do bem-estar humano. É dividido em diferentes tipos de uso, que em termos económicos pode ser considerado como uma função de elasticidade constante de transformação (Thomas W Hertel *et al.*, 2009). Esta abordagem permite alocar o uso do solo, em função de parâmetros específicos de elasticidade

¹⁰ *Commodities* – São produtos ou bens indispensáveis nas sociedades atuais. São comercializados diariamente à escala global e o seu preço é normalmente determinado pelo mercado internacional, variando de acordo com a oferta e a procura, como por exemplo o petróleo ou os cereais (Schumpeter, 1934).

(calibrados ou estimados através de técnicas econométricas) que reagem como mecanismos de resposta em função das alterações dos preços relativos ou das rendas da terra (Ronneberger *et al.*, 2008).

Com base nos conceitos acima descritos são distinguidos de uma forma geral dois tipos de modelos: modelos de equilíbrio geral – GEM (*General Equilibrium Models*) e modelos de equilíbrio parcial – PEM (*Partial Equilibrium Models*). São apresentados na Tabela 4, alguns dos principais modelos referidos na literatura, assim com as suas características fundamentais.

Tabela 4 – Características gerais de alguns modelos de equilíbrio (adaptado de Ronneberger, 2006).

Modelo	Tipo	Natureza	Área	Escala	Técnica	Período
AgLU ^a	PEM	Modelo económico centrado no uso do solo	Agricultura, floresta e pecuária	Global	Comparativo e estático	Ano de base 1990 Análise 1990-2096
WATSIM ^b	PEM	Modelo económico	Agricultura	Global	Com dinâmica parcial (sem expectativas de preços)	Ano de base 2000 Períodos 5 anos
GLOBIOM ^c	PEM	Modelo económico centrado no uso do solo	Múltiplos tipos de uso do solo (produção agrícola, floresta, pecuária e bioenergia)	Global	Dinâmico (recursivo)	Ano de base 2000 Análise 2000-2030 e 2030-2050. Período 10 anos
MIT-EPPA ^e	GEM	Modelo económico	Múltiplos tipos de uso do solo (produção agrícola, floresta, pecuária e bioenergia)	Global	Dinâmico (recursivo)	Ano de base 1997 Análise 2000-2100. Período 5 anos
BLS-IIASA ^f	GEM	Modelo económico baseado em bases de dados agronómicas	Múltiplos tipos de uso do solo (produção agrícola, floresta, pecuária e bioenergia)	Global	Dinâmico (recursivo)	Ano de base 2000 Análise 1990-2080 Período 10 anos
FAZOM-GHG ^g	PEM	Modelo económico	Agricultura, floresta e pecuária	Estados Unidos	Dinâmico, programação não-linear	Ano de base 2000 Período 10 anos
ICES-AEZ ^h	GEM	Modelo económico	Agricultura, floresta e pecuária	Global	Estático	Ano de base 2001 Análise 2001-2025

Modelo	Tipo	Natureza	Área	Escala	Técnica	Período
GTAP ^h	GEM	Modelo econômico	Agricultura	Global	Estático	Análise Até 50 anos de projeções a partir do ano de referência
^a AgLU (Sands & Edmonds, 2005)						
^b WATSIM (Kuhn, 2003)						
^c GLOBIOM (Havlík <i>et al.</i> , 2011; Paltsev <i>et al.</i> , 2005)						
^d MIT-EPPA (Paltsev <i>et al.</i> , 2005)						
^e BLS-IIASA (Tubiello & Fischer, 2007)						
^f FAZOM-GHG (Adams <i>et al.</i> , 1996)						
^g ICES-AEZ (A. Golub <i>et al.</i> , 2009)						
^h GTAP (T. W. Hertel, 1997)						

2.3.2.1 – Modelos de Equilíbrio Parcial

Nos PEM, a produção e o consumo respondem às variações de preço, que se ajustam de forma a alcançar um equilíbrio entre a oferta e a procura para *commodities* que resultam do uso do solo.

Com uma estrutura *bottom-up*¹¹, os PEM, têm a vantagem de descrever a gestão do uso do solo e as suas mudanças de forma bastante detalhada, permitindo uma análise aprofundada dos mercados da terra. No entanto, ao representar apenas setores específicos, não têm em conta todos os *feedbacks* que derivam da restante economia. Apesar de tudo, a sua detalhada especificação *bottom-up*, em conjunto com a sua estrutura de mercado simples em que se baseiam, fazem com que os PEM se tornem particularmente atraentes para utilizar em combinação com outras abordagens de otimização ou de equilíbrio (Havlík *et al.*, 2011; Kuhn, 2003; Sands & Edmonds, 2005).

A Tabela 4 apresenta alguns PEM centrados no uso do solo, cujo foco pode ser apenas o mercado agrícola segmentado (WATSIM), ou integrado nos vários setores agrícolas (AgLU, FASOM, GLOBIOM). Os PEM incorporam o mercado agrícola como um todo, tendo a capacidade de capturar a competição do terreno por diferentes tipos de uso. Relativamente à sua escala, ainda que estes modelos sejam classificados como globais, o WATSIM é aplicado quase sempre a nível regional e o AgLU (Europa) à semelhança do FASOM (Estados Unidos) aplicado à escala continental. Relativamente ao seu equilíbrio

¹¹ Estrutura *bottom-up* – O comportamento dos agentes é modelado ao nível regional. Especifica-se um sistema totalmente interdependente, para que as retroatividades nacional-regional possam ser consideradas em ambos os sentidos. Desta forma, é facilitada a análise das políticas que têm origem ao nível regional. Os resultados obtidos a nível nacional resultam da agregação dos resultados regionais (Haddad, 2011).

de estruturas, o modelo AgLU é estático, enquanto o WATSIM e o GLOBIOM possuem dinâmicas parciais.

Algumas das críticas apontadas aos PEM prendem-se com o fato destes modelos assumirem deliberadamente uma escala global, partindo de *inputs* de determinadas regiões e os *outputs* são generalizados, assumindo as mesmas preferências socioeconómicas em todo o mundo, assim como o mesmo comportamento da economia a nível internacional. Esta visão quando transposta para o mercado da terra, assume naturalmente uma homogeneidade relativa ao uso do solo, baseando-se nos mesmos princípios de práticas agrícolas e de gestão, assim como de preferências da terra enquanto recurso.

2.3.2.2 – Modelos de Equilíbrio Geral

Os GEM, são modelos que tentam representar todo o sistema económico e não apenas os setores tradicionais relacionados com o uso do solo, permitindo uma análise mais compreensiva das dinâmicas que afetam a produção e os preços. Todos os mercados são modelados de forma explícita e assume-se que estão em equilíbrio em cada momento.

O quadro teórico onde se baseiam estes modelos (Ginsburgh & Keyzer, 1997; T. W. Hertel, 1999), é extremamente rígido, de forma a garantir o encerramento do mercado. Desta forma, todos os fluxos comerciais (que se podem traduzir em unidades monetárias) podem ser acompanhados no quadro económico geral, e a sua estrutura fornece o surgimento de efeitos *feedback* entre todos os setores.

Na sua forma original, os GEM, assumem o tipo de uso do solo como um espaço homogéneo (terra arável, pastagem, floresta de produção). As alterações agrícolas que se verificam, são quantificadas como um valor agregado à produção em vez de unidades físicas de área, negligenciando deliberadamente a dimensão espacial e a distribuição da terra (Heistermann *et al.*, 2006).

De forma a contornar o processo de homogeneidade da terra, Hertel (1997) desenvolveu o modelo GTAP, partindo de um GEM tradicional e alterou-o significativamente, concedendo assim ao solo um tratamento heterogéneo, de forma a fazer variar a produtividade do solo de acordo com o tipo de cultura utilizada, as práticas agrícolas adotadas e a região onde se inseria, assumindo uma escala temporal contínua. No entanto, o modelo não assumia a substituição de culturas, criando elasticidades específicas em cada um dos tipos de uso estudados, apresentando-se mais inertes nuns casos que noutros.

Pelo fato de Hertel ter adotado um tratamento não-linear para contornar este problema, os resultados eram de difícil interpretação, uma vez que o seu modelo saía do campo teórico tradicional dos GEM. Apesar de algumas das suas limitações, o trabalho de Hertel continua a ser reconhecido e o GTAP continua a ser o GEM provavelmente mais citado na literatura, dando origem a diferentes tipos de aplicações exploradas por outros autores, como o GTAPE – L (Brooks & Dewbre, 2006; Burniaux & Lee, 2003), GTAPEM (Hsin *et al.*, 2004) ou GTAP-AGR (Keeney & Hertel, 2005).

Desde que foi lançada em 2002, pela FAO e pelo IIASA - *International Institute for Applied Systems Analysis*, a base de dados das zonas agro-ecológicas – AEZ (*Agro-Ecological Zones*) e mais recentemente das zonas globais agro-ecológicas – GAEZ (*Global Agro-Ecological Zones*), relativa às emissões florestais do uso do solo e do sequestro de carbono, a premissa dos GEM, onde “...a terra assume-se como um espaço homogêneo e perfeitamente substituível...”, no que diz respeito aos seus usos por setor, tem vindo progressivamente a perder relevância no campo da investigação (Michetti & Zampieri, 2014). Esta nova base de dados, desenvolvida e disponibilizada numa plataforma *online*, incorpora informações físicas e económicas (quantificação da terra em hectares, renda da terra para diferentes setores de ocupação do solo como: floresta, agricultura e pecuária), que são distribuídas em diferentes AEZ. Cada AEZ implica áreas cultivadas com diferentes características, uma vez que estão sujeitas a diferentes condições tanto climáticas como de natureza dos solos. Deste novo quadro proposto pela FAO e pelo IIASA, resultam novas adaptações de GEM já existentes, como são o caso do GTAP-AEZ, GTAP-AEZ-GHC (A. A. Golub *et al.*, 2013; Thomas W Hertel *et al.*, 2009) ou o ICES-AEZ (A. Golub *et al.*, 2009; Michetti & Parrado, 2012).

Recentemente, foram desenvolvidos esforços na tentativa de ultrapassar alguns obstáculos dos GEM, sobretudo no que se refere à sua natureza predominantemente estática, e introduzir um quadro dinâmico nestes modelos que permita também abranger um maior período de análise, permitindo alcançar a escala temporal estabelecida pelos novos cenários climáticos do IPCC, que se estendem até final do século XXI (Deng *et al.*, 2013; Rosenzweig *et al.*, 2013).

Neste sentido, a desagregação do território de acordo com a abordagem agro-ecológica, surgiu como um marco absolutamente decisivo, uma vez que assume implicitamente qualidades da terra invariáveis ao longo do tempo (refletindo diferenças no clima, condições dos solos, no ciclo de crescimento das plantas, que por sua vez determinam a

produtividade). Perante este quadro, a versão original do AgLU, deu origem a uma nova versão, convertida num modelo de equilíbrio geral multissetorial, desenvolvido para os Estados Unidos e dividido não por regiões, mas por bacias hidrográficas. Esta abordagem multissetorial permitiu com recurso a SIG, mapear espacialmente os *outputs* do modelo, que passaram a ser convertidos em unidades físicas devidamente alocadas, dando uma indicação importante sobre a produtividade da terra, no tempo e no espaço.

Na mesma linha do AgLU, o modelo MIT-EPPA (versão 4) de Paltsev *et al.*, (2005), assenta num quadro recursivo dinâmico que permite uma desagregação espacial, por exemplo de um elevado número de gases de efeito de estufa- GEE, aerossóis e outros poluentes atmosféricos. Este modelo envolve um tratamento mais detalhado dos fluxos físicos e dos *stocks* de emissões do uso do solo, que favorecem a ligação aos modelos integrados, nomeadamente aos modelos climáticos e modelos do sistema da terra.

Tanto os modelos MIT-EPPA, como os restantes baseados em zonas agro-ecológicas, acabam por ser considerados modelos híbridos, uma vez que representam uma abordagem física e económica em simultâneo. Alguns autores (Eric F. Lambin & Meyfroidt, 2010; Ronneberger *et al.*, 2008) preferem enquadrar estes modelos na categoria de modelos integrados. Na verdade, estes modelos vão além da estrutura tradicional dos modelos económicos de equilíbrio geral, uma vez que procuram a integração e a consistência entre as variáveis económicas e físicas utilizadas. Atualmente, transformar valores económicos típicos em quantidades físicas, tornou-se uma prioridade na contabilização de impactos e *feedbacks* entre as ciências do ambiente e as ciências económicas. Do mesmo modo, a análise climática deveria conectar as mudanças nas variáveis biológicas, físicas e ambientais do sistema terrestre, com a economia subjacente.

2.3.3 – MODELOS DE MICRO-SIMULAÇÃO

Os modelos de micro-simulação, ou micro-modelos, tentam explicar as alterações do uso do solo ao nível da exploração usando métodos de programação linear e não linear (L. Calado, 2009; Porteiro *et al.*, 2005), enquanto, que os macro-modelos, partem de modelos de equilíbrio, tentando explicar a evolução do uso do solo de uma forma transversal e interligada com vários setores de atividades económicas.

Os modelos de micro-simulação são muito utilizados nas ciências sociais, com o objetivo de reproduzir o comportamento humano a um nível individual (Moeckel *et al.*, 2002). Um exemplo bem conhecido é o modelo ILUMAS (Wagner & Wegener, 2007), que relaciona

o uso do solo urbano (população, acessibilidades e empresas), com transportes (procura de transportes, dinâmica de tráfego e procura por transportes de mercadorias) e com o meio ambiente (impactos e emissões).

2.4 - MODELOS AGRONÓMICOS

Os modelos agronómicos têm como referência fundamental o uso do solo, assumindo um espaço diversificado, inerente a diferentes tipos de cultura, condicionado quer pelos mercados na procura de determinados produtos, quer pelas aptidões de cada unidade de território a determinado tipo de cultura.

Ao longo do tempo foram surgindo diferentes abordagens ao sistema agrícola e à sua constante procura do solo, enquanto recurso. Surgiram diversas abordagens no campo dos sistemas agrícolas, com a interação de outras ciências como a economia, a biologia, a química ou a genética. Foram desenvolvidas novas técnicas de análise, estatísticas, econométricas, investigação operacional, deteção remota, entre outras, que deram origem à utilização de novas ferramentas, como por exemplo os sistemas de informação geográfica – SIG, que permitiram entender os sistemas agrícolas de uma forma integrada no contexto socioeconómico (Jeuffroy *et al.*, 2014; Saseendran *et al.*, 2004).

Uma parte significativa da ciência agronómica dedica-se ao estudo das culturas (*crop science*), onde a modelação é um instrumento fundamental no seu desenvolvimento. Os modelos desenvolvidos, conhecidos como modelos de otimização de culturas (*crop models*), são modelos disciplinares e centram-se na modelação para determinada cultura, dos fatores limitantes de crescimento como: macronutrientes, micronutrientes, coeficientes hídricos, temperatura, entre outros

No entanto, apesar da sua inquestionável importância no desenvolvimento dos sistemas agrícolas, estes modelos utilizados de forma isolada, não explicam por si só o uso do solo em termos agrícolas, uma vez que não refletem qualquer sistemas de preferências ou motivações (E. F. Lambin *et al.*, 2000; Ronneberger, 2006). Por essa razão, em termos de modelação do uso do solo, os modelos agrícolas, estão por norma acoplados a modelos geográficos ou a modelos económicos, ou ainda utilizados de forma integrada.

2.5 – MODELOS OPERACIONAIS DE ECONOMIA ESPACIAL

Na análise teoria económica tradicional (clássica e neoclássica), o fator espaço praticamente não é tido em consideração, uma vez que estas teorias se fundamentam num

mundo estático e sem dimensão, onde o fator tempo é variável essencial. Apenas na análise das transações internacionais, é introduzido o conceito espaço, ainda que apoiado na hipótese irrealista do custo de transporte nulo. Estes conceitos partiam do princípio de uma perfeita mobilidade dos fatores de produção, de bens e serviços e da população. Desta forma, o sistema mantinha-se em equilíbrio, não havendo necessidade da intervenção do Estado na economia, uma vez que as forças de mercado eram tidas como suficientes para o garantir. Os elementos essenciais para uma análise regional, como a localização das atividades económicas, os custos de localização e de transporte, caso não fossem considerados nulos, eram medidos pelo ganho ou pela perda de tempo.

Com o desenvolvimento do mundo ocidental começam a surgir desigualdades na renda *per capita* devido à existência de custos de transporte significativos entre regiões. Desta forma, constatou-se que a industrialização e a urbanização das regiões ocorrem de forma desigual no espaço, sendo possível encontrar regiões ricas e outras pobres dentro do mesmo país.

Esta mudança de paradigma deu origem à economia regional. Este ramo do estudo da economia compreende o estudo da diferenciação espacial, das inter-relações entre áreas dentro de um sistema nacional de regiões, enfrentando um universo de recurso escassos, desigualmente distribuídos no espaço e imperfeitamente móveis (Dubey, 1964).

Deste modo, a economia regional assume a separação espacial entre mercados, recursos e produção, uma vez que estes não se distribuem igualmente no espaço. Do mesmo modelo que nem todas as áreas são exploradas com a mesma intensidade e ao mesmo tempo.

2.5.2 – MODELOS DE INTERAÇÃO ESPACIAL

Um dos grupos clássicos dos modelos do uso do solo baseia-se na teoria de modelação da interação espacial. Alguns autores (Batty *et al.*, 2012; Heistermann *et al.*, 2006; P. H. Verburg *et al.*, 1999) entendem que a interação espacial no uso do solo é apenas mais uma técnica que apoia os blocos tradicionais (modelos geográficos, económicos e integrados), outros (Echenique *et al.*, 2015; E. Koomen & Stillwell, 2007; Michael Wegener, 2014; Wilson, 1998) consideram que se trata dum conjunto de modelos que podem ser integrados ou não nos modelos tradicionais.

Na sua fundamentação teórica, a interação espacial, num contexto social e geográfico, refere-se a cada movimento no espaço como consequência de um processo humano

(Haynes & Fotheringham, 1984). Por analogia com a primeira Lei de Newton estes modelos gravitacionais partem do princípio, que a interação espacial entre duas entidades está diretamente relacionada com os atributos de origem e de destino e indiretamente relacionada com a distância que as separa.

As primeiras aplicações deste princípio encontram-se em estudos relacionados com fenómenos de migrações (Ravenstein, 1885, Young, 1924 in Koomen, *et al.*, 2007) e comércio (Reilly, 1931). A principal suposição destes trabalhos prendia-se com o volume de interação, tanto para as trocas comerciais como para a atração de população. Deste modo, esperava-se que cidades com maior dimensão atraíssem mais mão-de-obra e gerasse mais comércio que as cidades de menor dimensão, ao mesmo tempo que o fluxo de migrantes e de comércio seria maior, quanto menor fosse a distância percorrida.

Desta forma, são introduzidos os conceitos de escala e de distância nas relações espaciais, indicando que a sua influência é determinada pela dimensão, sobretudo quando as distâncias são mais curtas. Este conceito é amplamente utilizado sobretudo em modelos de transportes e uso do solo (Kockelman *et al.*, 2005; Michael Wegener, 2014) onde é possível analisar os efeitos dos grandes centros urbanos e o seu poder de atração, muitas vezes originando cidades satélite na periferia, obedecendo às forças gravitacionais e gerando fluxos constantes de mão-de-obra, de bens e de serviços. Este simples princípio de gravidade, ao longo do tempo foi sendo ajustado e interpretado de várias formas. No entanto, um fator importante que tem que ser levado em consideração, quando se formula modelos de interação espacial, prende-se com a necessidade de serem incluídas mais que duas entidades (ou objetos), de forma a evitar erros na calibração (um erro que pode ocorrer facilmente quando se entra em etapas de desagregação espacial). Do mesmo modo, que a condição de equilíbrio do sistema tem que ser mantida, ou seja, o potencial de interação de uma entidade é igual à soma de todas as potenciais interações com outras entidades.

De uma forma geral, todos os modelos de interação espacial procuram explicar fluxos. Relativamente ao uso do solo, estabelece-se uma relação de procura e oferta da terra expressada sobre o espaço geográfico. Deste modo, sempre que há interação espacial, os custos associados à impedância são inferiores aos benefícios obtidos por essa mesma interação.

Para a existência de interações espaciais, é necessária a ocorrência de três condições independentes: a) complementaridade – é necessário existir uma procura e uma oferta entre duas localizações onde se verifica a interação; b) oportunidade interveniente – significa que não pode existir outra localização mais vantajosa, tanto para a origem como para o destino; c) transferibilidade – é necessário existir uma infraestrutura sobre a qual se pode processar a transferência, sendo que os custos da interação não podem ser superiores aos benefícios retirados da mesma. Estas premissas estão subjacentes às três famílias de modelos de interação espacial: modelos gravitacionais; modelos de potencial e modelos de área de influência.

Ira Lowry (1964), foi o primeiro a desenvolver um modelo urbano de uso do solo, baseado em dois modelos gravitacionais dependentes. O primeiro modelo (de alocação espacial) distribui a população por áreas de residência, tendo por base o emprego em localizações fixas, onde a procura por bens e serviços, é deduzida através da distribuição espacial da população. O segundo modelo (económico), é centrado na teoria da base económica, onde o emprego básico assume-se como o propulsor da economia de determinada cidade ou região. Neste modelo, a localização do emprego básico é determinante para a localização das atividades não básicas, a localização das áreas de residência por sua vez depende da localização do emprego total gerado, enquanto o emprego não básico (serviços) depende da localização da população. Desta forma, a população depende sempre do emprego básico inicial.

Os *inputs* são gerados pelo setor básico (exógeno ao modelo) e pela distribuição dos setores de residência e serviços (endógenos). No entanto, o *output* é a redistribuição das localizações derivadas dos dados de transporte, onde apenas é incluída a distância, sendo negligenciado o tempo e ajustado através do cálculo de interdependências entre a residência e os serviços. As características físicas do solo e o quadro regulatório determinam assim as restrições do cenário. Deste modo, combinando estas unidades de informação com os dados sobre a localização e acessibilidades, o modelo avalia o potencial de cada localização para a residência e para os serviços (Blikstein, 1982).

O modelo de Lowry, na sua assunção inicial foi alvo de várias críticas, por se tratar de um modelo de equilíbrio, que não introduz a dimensão do tempo, não permitindo entender a evolução do solo, o sistema urbano e os sistemas de transportes, uma vez que assume uma natureza estática. Ao mesmo tempo, este modelo não considera o fluxo de mercadorias, que podem contribuir para um aumento das impedâncias. Por fim, nos dias

de hoje, os setores não básicos são considerados os principais *drivers* do crescimento económico nos grandes centros urbanos, contrariando de certa forma o princípio da teoria da base económica.

Os atuais modelos de uso do solo, apresentam um nível mais elevado de pormenor, tanto em termos de resolução espacial como de distribuição, recorrendo muitas vezes ao conceito do modelo de Lowry para responder à procura da terra em determinados setores específicos (E. Koomen & Stillwell, 2007).

Alan Wilson é considerado como a primeira grande figura da modelação de interação espacial contemporânea, cujo seu trabalho desenvolvido no final da década de sessenta sobre a maximização da entropia, que levou à inclusão de fatores de equilíbrio nas equações dos modelos gravitacional de forma a garantir que todas as restrições fossem satisfeitas. Foram desenvolvidas famílias de modelos (Wilson, 1970), cujas variantes poderiam ser aplicadas a diversos cenários e de acordo com diferentes dados de informação. Por exemplo, no contexto da migração, foram desenvolvidas aplicações de modelos de interação espacial (A. S. Fotheringham, 1991; Stillwell, 1991), utilizados para modelar fluxos migratórios no Reino Unido (Champion *et al.*, 2003).

Uma das abordagens mais referenciadas na literatura centra-se na interação entre o uso do solo e os transportes. Partindo do princípio que o uso do solo é influenciado pela rede de infraestruturas disponíveis e vice-versa: a procura dos transportes depende da configuração espacial dos diferentes usos do solo, sobretudo os urbanos. Estes modelos são conhecidos como modelos do uso do solo e transportes – LUTI (*Land Use Transport Interaction*), onde autores como Wegener (1998) ou Kanaroglou e Scott (2002) fazem uma revisão detalhada destes modelos.

A maioria dos modelos LUTI de primeira geração baseia-se numa estrutura clássica de interação espacial, onde são adotadas escalas de zonamento com pouco detalhe. No entanto, as últimas gerações destes modelos, aumentam o detalhe ao derivarem para o campo da micro-simulação de atividades (Saujot *et al.*, 2015; Timmermans, 2003).

Desta forma surgiram de forma natural, novas abordagens e integrações de modelos, associados a áreas disciplinares como a ecologia, biologia, agricultura, climatologia. Alguns exemplos, da utilização dos modelos de interação espacial, como as alterações da biodiversidade, que promove mudanças de uso do solo associada a alterações climáticas, (Oliver & Morecroft, 2014), a influência da agricultura na ocupação do território ao longo

de vários séculos para diferentes atividades (Silveira & Dentinho, 2010), ou os impactos das alterações climáticas na segurança alimentar (Meiyappan *et al.*, 2014).

2.5.2.1 – Autómatos Celulares

Os autómatos celulares – CA (Cellular Automata) são muitas vezes considerados metodologias inerentes aos modelos geográficos ou aos modelos de avaliação integrada, uma vez que integram aplicações SIG, simples ou complexas.

As metodologias CA derivam da matemática, sendo bastante adequadas para imitar processos espaciais complexos com base em simples regras de decisão (Wolfram, 1984). Cada célula tem um determinado estado (ou função) que é influenciado pelas suas células vizinhas, assim como pelas suas próprias características. O grau e a direção da interação entre as funções são determinados através de regras de transição. A aplicação de CA em modelações geográficas, foi inicialmente proposto por Tobler (1979) e o conceito foi posteriormente utilizado em modelos urbanos (M. Batty, 1997; Yeh & Li, 2001) de crescimento urbano (Clarke & Gaydos, 1998; Clarke *et al.*, 1997; Couclelis, 1997), de planeamento do território (X. Li & Yeh, 2000; Wu, 1998) e de planeamento urbano e desenvolvimento regional (Engelen *et al.*, 1999; Samat, 2002; White & Engelen, 2000)

Uma das abordagens com maior impacto e que despertou a atenção para a utilização dos CA, foi a interação de um local e todo o seu meio ambiente envolvente, provando de forma empírica, a importância do meio envolvente enquanto driver de mudança do uso do solo (O'Sullivan, 2009; P. H. Verburg *et al.*, 2004). Um componente crucial desta abordagem de interação local, consiste na interação interna e que Hollande (1998) que este denominou de “emergence”. Nos CA, este fenómeno refere-se a padrões globais, que surgem de forma espontânea, a partir do comportamento coletivo das células que influenciam por sua vez o comportamento individual de cada célula por si só. No entanto, se numa escala bastante desagregada, este comportamento assume uma evidência explícita, num quadro mais agregado, os resultados tornam-se muito difíceis, se não mesmo impossíveis de prever, a partir do comportamento individual das células. De forma a contornar este problema, são frequentemente utilizadas informações adicionais baseadas na localização, criando regras de transição e adequando por exemplo, restrições de natureza física ou reguladora dentro de uma determinada célula.

Os modelos clássicos de CA têm uma relação teórica limitada face aos processos de tomada de decisão, que conduzem muitas vezes às alterações de uso do solo. Deste modo,

as aplicações mais recentes de CA, também incorporam componentes transdisciplinares, com o objetivo de promoverem simulações mais realistas nas transições de ocupação do solo. Um exemplo amplamente citado na literatura refere-se à utilização de modelos económicos de cadeia de Markov, que utilizam deliberadamente portabilidades de transição de forma a descrever as possíveis interações espaciais de um determinado local (Balzter et al., 1998; H. Li & Reynolds, 1997). Nos casos das cadeias de Markov, a probabilidade de uma célula alterar a sua função, é determinada pelo estado inicial da célula, pelas células vizinhas e por uma matriz de probabilidade de transição. Por outro lado, Koomen et al., (2007) destaca que o aspeto mais relevante desta abordagem, prende-se com o facto de as mudanças sucessivas no uso do solo, conhecidas da literatura ou vivenciadas empiricamente (por exemplo, uma sucessão em diferentes tipos de vegetação ou a passagem do uso agrícola para uso urbano), poderem ser incluídas explicitamente como prováveis, enquanto outras transições (por exemplo a agricultura ou a indústria) poderem ser assumidas como pouco prováveis ou em alguns casos, mesmo impossíveis. A célula muda o seu status de acordo com essas probabilidades estimadas, e não a partir de regras de transição deterministas dos modelos clássicos CA.

Outra opção utilizada de forma a controlar o comportamento da interação espacial de células individuais em CA é a inclusão de um elevado nível de restrições que englobam a magnitude dos processos de alteração do uso do solo. No entanto, tem a limitação de apenas poder ser aplicado a um nível regional como é o caso do modelo Environment Explorer – MOLAND (Engelen et al., 1999; White & Engelen, 2000) ou o GEOMOD (Poelmans & Van Rompaey, 2009).

2.6 - MODELOS INTEGRADOS

Grande parte da literatura revista anteriormente neste capítulo, foca-se sobretudo num setor específico do uso do solo (habitação, emprego, agricultura, recursos naturais, entre outros) onde são revistos conceitos de modelação que pretendem descrever e analisar, da forma mais detalhada possível, os fatores que promovem as alterações do uso do solo.

Os modelos integrados – IM (*Integrated Models*), consideram uma relação mútua entre todos os setores, abordando o uso do solo, não de uma forma segmentada, mas como um único sistema global e interdependente, que permite incorporar *feedbacks* com outros sistemas, como a agricultura, o clima, a hidrologia ou os transportes.

Desde o início da década de 1990, têm vindo a ser desenvolvidas várias aplicações (Alcamo *et al.*, 1998; Ronneberger *et al.*, 2008; Sands & Edmonds, 2005; Sohngen & Mendelsohn, 2007; Toth *et al.*, 2003) com o intuito de descrever e analisar o sistema de uso do solo, recorrendo a mais que um modelo. Desta forma, a interligação de modelos avançados em ambientes interdisciplinares, permite integrar as principais características da sociedade e da economia, num quadro geral comum, incluindo a atmosfera e a biosfera, onde é possível diferentes tipos de informação complementarem-se, combinando assim as potencialidades dos modelos já existentes.

No entanto estas abordagens integradas, envolvem normalmente um elevado nível de complexidade, fazendo com que os IM, normalmente sejam compostos por submodelos ou módulos que comunicam entre si, através da troca de dados e resultados. Estes módulos podem ser adicionados ou removidos dependendo das questões que se pretendem abordar. Como resultado da integração das suas forças mais relevantes, os IM de elevada complexidade, podem ter a capacidade de considerar explicitamente as alterações climáticas, assim como a economia e a biofísica do sistema terrestre.

Comparativamente aos modelos individuais e mais disciplinares, a estrutura dos IM facilita a explicação dos mecanismos de *feedback* entre os diferentes módulos, de forma a analisar e a compreender, tanto os fatores que levam às mudanças no uso do solo como os impactos que daí resultam. Deste modo, torna-se mais fácil abordar as sinergias e os *trade-offs* de diferentes estratégias políticas, permitindo analisar e desenvolver cenários à escala global e para longos períodos de tempo (Eric F. Lambin & Meyfroidt, 2010).

Algumas críticas têm vindo a ser apontadas aos IM, sobretudo por envolverem um elevado grau de complexidade, aumentando muitas vezes o grau de incerteza nos resultados obtidos. Além do mais estes modelos são extremamente exigentes em termos de processamento computacional, fazendo com que muitas vezes o número de módulos tenha que ser restringido devido a limitações de cálculo, apesar dos imensos avanços tecnológicos tanto em *software* como em *hardware*.

Outra das críticas frequentes é o fato dos IM serem desenvolvidos à escala global. Por vezes, quando se aplica estes modelos a escalas regionais, o resultado nem sempre é bem-sucedido, uma vez que nem sempre reflete as reais características da região, o chamado processo de *downscaling* enviesado e que acontece frequentemente sobretudo com modelos climáticos.

As abordagens integradas (Tabela 5) têm em conta tanto os processos socioeconômicos como os processos ambientais ao longo de diferentes escalas, recorrendo a diferentes estratégias (Rounsevell *et al.*, 2012). Algumas dessas estratégias, passam por incluir esquemas de distribuição e alocação da terra, que utilizam informações dos preços e da procura provenientes de modelos económicos, de forma a atualizar sistematicamente os padrões de uso do solo em modelos ambientais pormenorizados (Leimbach *et al.*, 2011; Rounsevell *et al.*, 2006; Tan *et al.*, 2003). Outras passam apenas por uma melhor adaptação às restrições dos recursos em modelos económicos mais detalhados (Darwin, 1999; Rosegrant *et al.*, 2002).

O acoplamento dinâmico dos modelos económicos com os modelos de avaliação integrada e de uso do solo fazem parte de outras estratégias utilizadas, como por exemplo no ajustamento do *trade-off* entre a expansão espacial da agricultura e a sua intensificação à escala global (Eickhout *et al.*, 2007; P. H. Verburg *et al.*, 2008).

Dentro dos IM, podemos distinguir duas categorias: modelos integrados que se centram nos processos biofísicos e biogeoquímicos, conhecidos como modelos Climáticos e do Sistema da Terra – CESM (*Climate and Earth System Models*) e classificados por alguns autores como modelos ambientais; e modelos integrados que se centram nos sistemas socioeconómicos, conhecidos como modelos de avaliação integrada – IAM (*Integrated Assessment Models*).

Tabela 5 - Características gerais de alguns modelos integrados (adaptado de Ronneberger *et al.* 2008; Michetti & Zamperi, 2014)

Modelo	Tipo	Natureza	Área	Escala	Técnica/Interação e <i>feedbacks</i>	Tempo
OnjJECTS-GCAM ^a	CESM + IAM	AgLU + modelos de circulação atmosférica + alterações climáticas + ciclo do carbono	Múltiplos tipos de uso do solo (agricultura, transportes e energia)	Global	Com dinâmica recursiva O modelo climático produz dados relativos à emissão de gases com efeito de estufa. O modelo AgLU faz a ligação entre o uso do solo e a sua cobertura determinando o carbono terrestre retido e os seus fluxos.	Ano de base 1990; Análise 1990-2095; Período: 15 anos
IMAGE ^b	CESM + IAM	Softwares independentes (TIMER energy model e FAIR modelo de emissão de gases com efeito de estufa) + IMAGE (Modelo terra-atmosfera) + modelos agro-económicos (LEITAP-CGE e IMPACT)	Múltiplos usos do solo, mas com foco essencial na agricultura e na agropecuária	Global	Modelo dinâmico. Integração entre modelos climáticos e do sistema da terra, e modelos económicos. No módulo do sistema ambiental terrestre, são calculadas as alterações no uso do solo, relacionadas com emissões (que são utilizadas como parâmetros económicos). O modelo agronómico simula a distribuição e produtividade de acordo com as condições climáticas e com as qualidades dos solos	Análise Até 2100 Período Dependendo dos submodelos pode ir de 1 dia a 5 anos Ano de base 2000
KLUM-GTAP ^c	CESM + IAM	Modelo geográfico (baseado em regras de decisão) + Modelo económico de equilíbrio geral	Múltiplos tipos de uso do solo (centrado na produtividade agrícola)	Global	O modelo económico indica os preços e os rendimentos por cultura, simula a alocação do solo, proporcionando um <i>feedback</i> entre o clima, o solo e os seus impactos no rendimento.	Análise 2030-2050 Período 10 anos Ano de base 1997
IIASA/CLUSTER	CESM + IAM	Modelo de equilíbrio parcial (GLOBIOM) + modelo geográfico (baseado em regras de decisão)	Múltiplos tipos de usos, mas com foco principal na floresta, através do modelo do <i>crop model G4M</i>	Global	O <i>Crop Model G4M</i> providencia ao GLOBIOM os fatores biofísicos de crescimento e os custos de gestão florestal. O GLOBIOM proporciona uma <i>commodity</i> endógena e o preço da terra	Análise 2000-2100. Período 5 anos

Modelo	Tipo	Natureza	Área	Escala	Técnica/Interação e <i>feedbacks</i>	Tempo
WITCH-GTM	CESM + IAM	Modelo híbrido de otimização + modelo económico de equilíbrio parcial	Floresta	Global	Modelo dinâmico O WITCH fornece ao GTM o valor do preço do carbono no mercado, enquanto o GTM fornece em troca as taxas de sequestro de carbono, que voltam a ser introduzidas no WITCH assegurando um equilíbrio entre as emissões do carbono perante restrições financeiras.	<i>Análise</i> Até 2100
ICLIPS/AgLU	CESM + IAM	Avaliação Integrada (ICLIPS) + Modelo económico de equilíbrio parcial, integrando o clima e um módulo para o ciclo do carbono	Múltiplos usos, mas com foco na agricultura e na pecuária	Global	Modelo dinâmico O ICLIPS proporciona ao AgLU uma base de dados relativamente ao PIB por região e ao preço do mercado de carbono, influenciando assim a produção de biomassa e as alterações do uso do solo. Por sua vez as emissões resultantes do uso do solo, são reintroduzidas no ICLIPS afetando deste modo o sistema climático. Com este <i>feedback</i> , o preço do carbono é ajustado assegurando estratégias de proteção climática	<i>Análise</i> Até 2095 <i>Período</i> 15 anos
FARM	CESM + IAM	Modelo económico de equilíbrio parcial + modelo climático + modelo agrícola do uso do solo	Agricultura, Floresta e crescimento urbano	Chinal	Modelo dinâmico. O FARM é um modelo económico de equilíbrio geral que utiliza um conjunto de dados ambientais que permite a diferenciação do solo em classes de produtividade refletindo os preços. Este modelo utiliza de forma explícita o conceito de espacialidade, alocando desde logo o solo a diferentes tipos de uso, permitindo analisar os preços perante cenários de alteração do uso do solo provenientes das alterações climáticas. Este modelo inclui ainda a água como um fator de restrição no modelo económico de equilíbrio geral.	<i>Ano de base</i> 2001 <i>Análise</i> 2001-2025
AIM ^h	CESM + IAM	Modelo Climático Global + Modelo de emissão de gases com efeito de estufa + Modelo económico de equilíbrio geral.	Múltiplos tipos de uso do solo (agricultura, pecuária, silvicultura, expansão urbana e energia	Ásia/Pacífico	Dinâmico Recursivo. O modelo de equilíbrio geral é aplicado para quantificar as emissões que resultam da alteração do uso do solo resultando em <i>imputs</i> que serão utilizados pelo modelo climático. O modelo climático por sua vez, inclui um módulo do ciclo de carbono, validado de acordo com simulações dinâmicas de coberto vegetal	<i>Análise</i> 1990-2100 <i>Período</i> 5 anos

Modelo	Tipo	Natureza	Área	Escala	Técnica/Interação e <i>feedbacks</i>	Tempo
IGSM-MIT ⁱ	CESM + IAM	Modelo económico (EPPA) + modelo de circulação atmosférica dinâmico + modelo físico e químico + modelo oceânico incluindo o ciclo de carbono + modelo de relação oceno-calotes polares + conjunto de modelos do uso do solo (modelo terrestres de ecossistemas, modelo de emissões naturais e modelo integrado do uso do solo)	Multiplos tipos de uso do solo	Global	Modelo dinâmico. Os <i>outputs</i> derivam da combinação dos modelos de emissão de gases com efeito de estufa acoplados a modelos químicos e climáticos. Os <i>outputs</i> provenientes dos modelos climáticos, por sua vez integram os custos referentes a: água; energia, CO ₂ ; CH ₄ , N ₂ O e composição do solo, proveniente dos modelos terrestres. Provenientes dos modelos terrestres. Estes resultados por sua vez são devolvidos como <i>feedback</i> aos modelos acoplados químicos e climáticos.	Análise 1990-2250
<p>^a OnjECTS-GCAM (Kim <i>et al.</i>, 2006)</p> <p>^b IMAGE (Alcamo <i>et al.</i>, 1998)</p> <p>^c KLUM-GTAP (Ronneberger <i>et al.</i>, 2008)</p> <p>^d IIASA/CLUSTER (Benítez & Obersteiner, 2006; Gusti <i>et al.</i>, 2008; Kindermann <i>et al.</i>, 2008)</p> <p>^e WITCH-GTM (Sohngen & Mendelsohn, 2007; Tavoni <i>et al.</i>, 2007)</p> <p>^f ICLIPS/AgLU (Leimbach & Toth, 2003; Sands & Edmonds, 2005; Toth <i>et al.</i>, 2003)</p> <p>^g FARM (Darwin, 1999)</p> <p>^h AIM (Matsuoka <i>et al.</i>, 2001)</p> <p>ⁱ IGSM-MIT(Sokolov <i>et al.</i>, 2005)</p>						

2.6.1 – MODELOS CLIMÁTICOS E DO SISTEMA DA TERRA

Os modelos climáticos e do sistema da Terra – CESM, são modelos integrados que são desenvolvidos de forma a respeitar os princípios básicos da física, que condicionam todo o equilíbrio da Terra. No entanto, além de aspetos específicos como a força de gradiente de pressão, advecção, gravidade, etc., os aspetos remanescentes relacionados com a física, a química e a biologia, são parametrizados com base em observações e medidas experimentais, que são utilizadas como restrições. Por se tratar de modelos integrados, os CESM, são compostos por um grande número de funções e coeficientes, observações e medições que, no entanto, representam apenas um conjunto limitado de processos que ocorrem no Sistema da Terra real, como por exemplo num dos seus subsistemas, o sistema climático (Sokolov *et al.*, 2005).

No sistema climático, somos por exemplo confrontados com a necessidade de caracterizar a parametrização física e a sua implementação numérica, com vista a minimizar as incertezas dos resultados. Dada a complexidade dos processos físicos e biológicos envolvidos e a sua não linearidade, associado à necessidade de implementar estes mesmos processos com uma capacidade de computação restrita, nem sempre é possível obter resultados consensuais entre a comunidade científica, levando à necessidade de desenvolver aplicações que permitam simulações destes comportamentos naturais, que por vezes têm que ser efetuadas num sistema isolado antes de proceder à integração (R. A. Pielke, 2013).

Alguns autores defendem, que os CESM são um legado histórico de avanços da comunidade científica, na tentativa de explicar os processos envolvidos no equilíbrio do planeta, com esforços paralelos ou integrados e de partilha, de todos os grupos de modelação que existem um pouco por todo o mundo.

No capítulo 5, dedicado ao impacto das alterações climáticas na ocupação do território, será feita uma abordagem mais detalhada a estes modelos.

2.6.2 – MODELOS DE AVALIAÇÃO INTEGRADA

Os modelos de avaliação integrada – IAM (*Integrated Assessment Models*), têm por princípio, um quadro de análise de integração da atividade humana, dos processos de tomada de decisão e do seu impacto no meio ambiente. As variáveis tipicamente mais utilizadas são a tecnologia, produção, consumo, energia, emissões de gases de efeito de

estufa, custos e políticas (que entram como restrições). Ao longo do tempo, e atendendo aos compromissos internacionais relacionados com o painel das alterações climáticas, estes modelos começaram a integrar o uso do solo de forma mais detalhada, introduzindo setores como a agricultura, floresta e pastagem, que até então estavam mais ligados aos blocos tradicionais (modelos económicos e modelos geográficos). Foram introduzidos mecanismos que conduzem a uma competição espacial em termos de procura de terra ao longo de diferentes setores, que conseqüentemente levam a processos de alteração do uso do solo (Michetti & Parrado, 2012).

Neste contexto, o clima é frequentemente introduzido de forma simplificada ou reduzida e nem sempre está totalmente integrado no sistema. Além disso, a modelação do sistema global de uso do solo não é tão desenvolvida como para outros setores, como por exemplo a energia ou os transportes (Hibbard *et al.*, 2010). No entanto, têm-se empreendido grandes esforços no campo dos IAM, com vista a englobar cada vez mais aspetos (antes não considerados ou pouco especificados), relacionados com a ocupação do solo. Estas alterações permitem analisar o comportamento humano perante cenários de intensificação e extensificação da agricultura e silvicultura, dotar a terra do conceito de heterogeneidade, preço da terra não manipulado ou competição do solo pela produção de alimentos ou bioenergia (Rose *et al.*, 2008).

Alguns dos IAM analisados (Tabela 5) encontram-se mais relacionados com os CESM ou com modelos de ecossistemas, com o objetivo de integrar os componentes que resultam da tomada de decisão humana nos processos naturais., produzindo cenários harmonizados de ocupação do solo (IMAGE, GCAM, MESSAGE). O MIT *Integrated Global System Model* – IGSM (Sokolov *et al.*, 2005), é provavelmente um dos mais complexos modelos de avaliação integrada, utilizado para analisar mudanças a globais causadas pela ação do Homem, com efeitos repercutidos tanto no meio ambiente como na economia. Este modelo envolve ambas as componentes dos IAM e dos ESM, consistindo num modelo económico de equilíbrio geral acoplado a um modelo de superfície terra-oceano-atmosfera e ainda a módulos compostos por modelos naturais de ecossistemas.

As emissões dos gases de efeito de estufa e os potenciais resultados obtidos a partir do modelo EPPA, também dependem dos efeitos das alterações climáticas dando origem a um novo quadro integrado e transdisciplinar, denominado *Global Land System* – GSM (Schlosser *et al.*, 2007). Estes modelos, integram de uma forma dinâmica a *Community*

Land System (calculam o balanço global energético entre a terra a água e a atmosfera) em conjunto com os *Terrestrial Ecosystems Models* (simulam o carbono equivalente contido nos solos e na vegetação) e ainda com os *Natural Emissions Models*.

2. 7– SÍNTESE DA REVISÃO DE LITERATURA

Na revisão da literatura abordada, fica claro, que não existe uma classificação de modelos de uso do solo, assumida de forma clara e aceite unanimemente, como acontece com classificações de modelos económicos (onde não existe uma entidade de supervisão, como por exemplo a FAO relativamente à classificação dos solos) onde a própria ciência ao longo do tempo, agrupa e classifica os seus modelos. Neste contexto, os autores vão agrupando e classificando os modelos, de acordo com a sua perceção, introduzindo novos conceitos ou identificando novas características, de forma a enquadrarem o tipo de modelo que desenvolvem face aos demais existentes.

Neste capítulo, agrupou-se os modelos de uso do solo em quatro blocos distintos, numa abordagem semelhante à proposta por Maik Heisterman *et al.*, (2006): modelos geográficos, modelos económicos, modelos disciplinares (ilustrado pelos modelos agrónomicos) e modelos integrados. Estes modelos têm em comum, o fato de pretenderem explicar e analisar o uso do solo e os processos que conduzem às suas alterações. Naturalmente, que algumas categorias com características diferentes, assumem um potencial maior num determinado sentido que outros.

Os modelos geográficos são modelos sobretudo topológicos de análise e interpretação, com capacidade de cruzar informação e de reproduzir com grande detalhe por vezes, nova informação. No entanto, utilizados de forma isolada não explicam o uso do solo, sendo necessário recorrer a outras aplicações baseadas em análises empíricas e estatísticas ou em regras de decisão.

Os modelos económicos por sua vez assumem uma procura do território influenciada por um sistema de preferências, motivações, mercados, acessibilidades e população, que determinam o uso do solo. Neste contexto, foram analisados modelos econométricos e de análise Ricardiana, modelos de equilíbrio geral e parcial e ainda micromodelos. No entanto, pelo fato dos modelos económicos assumirem o solo como um espaço homogéneo e o seu uso em função das distâncias, estes modelos têm alguma dificuldade em adaptar-se a regimes espacialmente desagregados (Irwin & Bockstael, 2004).

Por fim, foram analisados os modelos integrados, que abordam a ocupação do uso do solo num sistema global e consideram uma relação mútua entre todos os setores. Estes modelos muitas vezes considerados como sistemas, integram outros modelos ou módulos e são classificados em modelos climáticos e do sistema da terra e modelos de avaliação integrada, integrando de forma explícita o comportamento humano nos processos de tomada de decisão que condicionam a ocupação do solo. Assumem o solo como um espaço heterogêneo e diversificado tal como muitos dos modelos geográficos e premissas económicas como o uso das distâncias. No entanto não assumem flexibilidade nas aptidões do uso do solo.

CAPÍTULO 3

LOCALIZAÇÃO E APTIDÃO DO SOLO PELA DIVERSIDADE DE USOS

3 – LOCALIZAÇÃO E APTIDÃO DO SOLO PELA DIVERSIDADE DE USOS

3.1 – INTRODUÇÃO

A ocupação do território por parte do Homem resulta da utilização que este lhe dá. Trata-se de um processo dinâmico e contínuo no tempo, influenciado por diversos fatores, climáticos, geográficos, pedológicos, culturais, económicos, políticos ou de outra natureza. Para compreendermos a ocupação de um determinado território é necessário conhecer a história de uma determinada região de forma a podermos analisar a evolução da sua ocupação.

A organização dos espaços rurais, enquanto zonas de residência e de estruturas produtivas, essencialmente agrícolas, assim como toda a estrutura que envolve as cidades requer um planeamento flexível e dinâmico que algumas vezes entra em equilíbrio com o meio ambiente circundante e outras vezes não. É neste contexto que surgem diversas políticas de planeamento, em alguns casos devidamente regulamentadas noutros nem tanto.

A regulamentação do Ordenamento do Território, cujo objetivo é promover uma organização física do espaço equilibrada e sustentável, assenta em instrumentos de gestão variados e devidamente hierarquizados, que vão desde Planos de Ordenamento do Território, Planos de Ordenamento da Orla Costeira, Planos Diretores Municipais, Planos Urbanos, Planos Florestais, Reserva Agrícola Nacional, Reserva Ecológica, Áreas Protegidas, Sítios de Interesse Comunitário entre outros. Estes instrumentos de gestão de carácter técnico-científico são elaborados tendo por base metodologias e técnicas multidisciplinares e transversais em muitos campos da ciência, desde a sociologia, economia, agronomia, biologia, geografia ou o ambiente.

Os modelos económicos, geográficos, agronómicos, ambientais entre outros, são precursores experimentais, onde são formuladas hipóteses, testados e calibrados dados e que são a base teórica, que servem de sustentação para o desenvolvimento de técnicas e metodologias onde assenta regulamentação do planeamento.

A localização de determinados sectores de atividade em determinadas regiões, não surgem de forma espontânea. Ou surgem como resultado de determinadas decisões políticas, ou surgem de acordo com fatores económicos, como disponibilidade de

recursos, acessibilidades, mercado, mão-de-obra, custos ou atratividades regionais e locais.

A natureza da competição no espaço e a forma como as empresas escolhem a sua localização num ambiente estratégico, é um tema amplamente estudado sobretudo em ciência regional e urbana.

3.1.1 – APRESENTAÇÃO

Neste capítulo apresenta-se uma breve revisão da literatura sobre a localização das atividades económicas e classificação do uso e da aptidão do solo, que são a base de apoio teórico para as metodologias de determinação das classes de solo que serão apresentadas no capítulo 6.

O primeiro bloco assenta dentro da geografia económica, onde são abordados os principais autores e as suas contribuições mais significativas para o estudo da localização das atividades económicas.

No segundo bloco, é feita uma breve descrição da classificação taxonómica dos solos (relacionada com a sua capacidade de uso) desenvolvida nos Estados Unidos na década de sessenta e sobre o desenvolvimento de metodologias no final da década de setenta para a determinação de áreas de aptidão de diferentes culturas.

3.2 - ESTUDOS DE APTIDÃO/LOCALIZAÇÃO PARA ATIVIDADES ESPECÍFICAS

A problemática da localização para atividades específicas associada à aptidão dos solos, foi sempre o centro do surgimento e do colapso das cidades, dos impérios ou até mesmo das civilizações, ao longo do espaço e do tempo.

De acordo com Duranton (2008), a economia espacial centra-se na distribuição da escassez de recursos no espaço e a localização das diferentes atividades económicas, sendo o seu maior foco a escolha da localização dos agentes económicos.

Foram desenvolvidas diferentes metodologias que se iniciam como os modelos clássicos de localização de Von Thünen (1826) e que vão até Isard (1956). O outro grande bloco teórico assenta num conjunto de teorias de desenvolvimento regional muito focado nos fatores de aglomeração de inspiração marshalliana e keynesiana que começam a surgir a partir da década de 1950, com os trabalhos de Perroux (1955), Myrdal (1957), Hirschman (1958) e North (1959).

Já na década de oitenta, surge uma nova corrente que recuperou as teorias anteriores e deu origem à nova economia geográfica desenvolvida por Krugman (1991) com a publicação de *new economic geography*.

3.2.1 – LOCALIZAÇÃO DAS ATIVIDADES AGRÍCOLAS – MODELO DO USO DO SOLO AGRÍCOLA DE VON THÜNEN

Johann Heinrich Von Thünen em (1826), na sua obra “Der isolierte Staat” propôs um modelo no qual, as atividades agrícolas dispersas ao redor de um centro urbano, são agrupadas formando anéis, cuja localização é sobretudo determinada pela distância ao centro da cidade. As atividades agrícolas que ocupam áreas próximas do centro urbano possuem baixos custos de transporte ou um valor alto de retorno por unidade de área. Já as atividades localizadas em áreas distantes possuem um custo de transporte mais elevado.

Os principais pressupostos do modelo apresentados por Von Thünen são: i) os agentes económicos envolvidos definem os preços, ou seja não existe poder de monopólio por parte de ninguém; ii) o mercado permite a entrada livre das atividades agrícolas, traduzindo-se numa inexistência de lucros extraordinários; iii) a produção é feita com retornos constantes de escala e coeficientes fixos de produção; iv) os preços são dados na cidade, v) o terreno é homogéneo e cultiva-se o produto que utiliza o solo de modo mais vantajoso, isto é, aquele que proporciona uma renda fundiária mais elevada Krugman (1997).

A lógica do modelo é a mesma da teoria da renda da terra Ricardiana. No entanto a fertilidade do solo não é o fator decisivo, mas sim a distância em relação ao centro. O ponto de partida é a existência de um produto agrícola homogéneo. Se o preço é dado na cidade e existem custos de transporte associados, logo os agricultores localizados nas proximidades têm vantagens face à sua localização, aumentando assim os seus lucros face aos demais. Como há entrada livre, as terras são disputadas por novos agricultores. Isso faz com que a renda da terra suba até que esses lucros sejam dissipados. Por sua vez, os proprietários dos terrenos mais próximos obtêm assim rendas mais elevadas que aqueles que detêm terrenos em localizações mais distantes.

Nos dias de hoje, existe uma diminuição drástica da importância relativa dos custos de transporte nos custos totais das empresas, agrícolas ou não. Isso significa que no modelo de Von Thünen, as coroas circulares correspondentes às diferentes culturas tendem a alargar-se significativamente ao mesmo tempo que as suas fronteiras se vão esbatendo.

Deixa aliás, de ser clara a importância do fator transporte na escolha das terras e dos produtos já que as áreas dentro de cada círculo se tornam de tal forma vastas que esse fator se dilui, face à importância de outros fatores de localização como por exemplo a fertilidade do solo. Deste modo, é natural que as zonas agrícolas reflitam muito mais as condições naturais do que os efeitos dos custos de transportes, como se verificava no modelo de Von Thünen (Albergaria *et al.*, 2009).

Pelo fato de Von Thünen ter sido pioneiro no desenvolvimento de um modelo, baseado na hipótese de um espaço de produção contínuo e de um destino de mercado único, diversos autores defendem que o seu modelo está na origem do corpo das teorias relativas à estruturação do espaço agrícola e à localização das atividades económicas (Alonso, 1964; Capello, 2015; Fujita & Thisse, 2002; P. Krugman, 1997).

No entanto, foi partindo do modelo de Von Thünen, que Alonso em 1964 na sua obra *Location and Land Use* introduz a hipótese de homogeneidade do espaço urbano, levando a que um dos principais fatores que determinam a renda da terra sejam a sua acessibilidade, ou seja, os custos de deslocação de pessoas, bens ou serviços. Este conceito introduzido no espaço urbano leva a que seja possível obter diferentes rendas em diversos pontos da cidade. Assim, o solo urbano tem atributos, além dos físicos, associados com a sua posição relativa no espaço, atributos estes, que servem de atração de localização, em particular para as atividades produtivas. Por exemplo as concentrações de pessoas e de residências numa economia de aglomeração atraem atividades e serviços de abastecimento dessas mesmas aglomerações. Deve-se também a Alonso, a introdução das curvas *bid-rents*¹² num contexto urbano, onde o mercado é substituído por um centro de emprego (área central de negócios). Nesse contexto, a única característica espacial de um determinado local é a sua distância ao centro da cidade, enquanto o solo disponível para a produção agrícola passa a ser utilizada para a construção de residências, fábricas e outras infraestruturas de apoio urbano (Thisse, 2011).

Para Biscaia & Mota (2013), o ponto de partida é o paradigma neoclássico, que assume uma competição perfeita e um retorno constante a determinada escala. Neste sentido, a

¹² As *bid-rents* derivam do conceito central desenvolvido por von Thünen, em que a posição central da cidade-mercado passa a ser atribuída ao centro de emprego da cidade (*Central Business District- CBD*). A dimensão das áreas ocupadas é determinado por quatro fatores: população, renda, custos de transporte e valor das terras agrícolas (Alonso, 1964; Mills, 1967; Muth, 1969). Estes desenvolvimentos ficaram conhecidos também como o modelo monocêntrico padrão, ainda que a maioria dos autores preferia a denominação de *bid-rents*.

localização dos recursos pressupõe uma dimensão espacial, determinante na produção de bens e serviços de acordo com a *Theory of Value* de Debreu (1959). Deste modo, cada agente económico e cada *commodity*¹³ assumem características diferentes porque encontram-se localizadas em diferentes zonas, existindo um custo de transporte associado que difere entre cada zona. Este conceito teórico ao partir do princípio que as distribuições das atividades económicas ocorrem ao longo de um espaço homogéneo, faz com o mesmo bem ou serviço comercializado em diferentes zonas tenha que ser tratado como uma diferente *commodity* em função da homogeneidade do espaço e do custo de transporte associado.

Partindo do mesmo pressuposto, em 1974 (Starrett) observou que em cada zona do território, a produção e o consumo de determinados bens eram perfeitamente divisíveis e o seu transporte era caro. Desde modo é desenvolvido um modelo com o objetivo de satisfazer as necessidades do produtor e do consumidor, minimizando o custo do transporte para valores mais próximos possíveis de zero. Assim, cada zona ou cada região operava quase em regime de autossuficiência, contrariando uma economia aberta de mercado.

Os resultados de Starrett não coincidiram com a realidade, o equilíbrio falhava, uma vez que um agente económico ao maximizar a sua função de produção, apenas interagia no seu próprio local, impossibilitando assim as trocas comerciais com outros locais. Os resultados de Starrett deram origem ao Teorema da Impossibilidade Espacial, que assume que os modelos de equilíbrio competitivo não envolvem transporte de *commodities* por ser contrafactual.

Para Duranton (2008), se admitirmos que os custos de transporte são uma realidade nas nossas vidas, então também devemos assumir alguma não homogeneidade do espaço e alguma não-convexão¹⁴ nos conjuntos de produção, para que os sistemas não se anulem.

A partir dos pressupostos sobre a teoria de mercado acima descritos, é possível desenvolver um quadro geral de análise da economia espacial, construído apenas a partir

¹³ *Commodities* – São artigos de comércio, bens que não sofrem processos de alteração (ou que são pouco diferenciados), como frutas, legumes, cereais e alguns metais. Como seguem um determinado padrão, o preço é negociado à escala global em bolsa sujeito às circunstâncias do mercado (Oferta e procura). Significa também matéria-prima (produtos usados na confeção de outros bens) e no texto em questão o autor ao expressar-se em língua inglesa não faz distinção entre um caso e o outro.

¹⁴ O conceito de **Convexidade** em economia é utilizado na Teoria do Consumidor, onde se assume que as médias são preferíveis ao invés dos extremos. Por outro lado quando um sistema de preferência é **não-convexo**, assume-se que alguns preços produzem um orçamento que suporta duas decisões ótimas de consumo (Blume, 2008).

das diferenças de produtividades locais. Esta abordagem teve como pioneiro Ricardo (1817) que desenvolveu a Teoria da Renda da Terra¹⁵ onde incluiu a fertilidade dos solos como premissa. Esta abordagem foi posteriormente generalizada, de forma a considerar as diferenças tecnológicas (assumidas como fatores exógenos) para todos os tipos de bens, em diferentes áreas de produção.

Em alternativa à teoria desenvolvida por Ricardo, surgiu na primeira metade do século XX a teoria de Hecksher-Olin, em que a teoria de mercado assenta nas relações entre as dotações relativas de fatores de produção e padrões de comércio internacional (Leamer, 1995). Por outras palavras, a visão básica do modelo teórico de Hecksher-Olin, assenta no pressuposto em que as *commodities* transacionadas são na verdade conjuntos de fatores (terra, trabalho e capital). O comércio internacional de *commodities* funciona como um fator de arbitragem indireta, transferindo os serviços que condicionam os fatores de produção de locais, onde esses mesmos fatores são mais abundantes para outros onde são mais escassos.

Tanto o modelo de Ricardo como de Hecksher-Olin conduzem à abertura dos mercados e às trocas comerciais internacionais. No entanto o primeiro tem como fator de produção a mão-de-obra e os recursos levando a que cada país se especialize, enquanto o segundo, substitui a mão-de-obra pelo preço, fazendo com que um país exporte bens que fazem uso dos fatores abundantes nesse mesmo país mas que importe outros bens, cuja produção é dependente de fatores escassos localmente (Davis, 1995).

3.2.2 – LOCALIZAÇÃO ECONÓMICA – MODELO DE WEBER

Em 1909, Alfred Weber publica *Über den Standort der Industrien*, considerada uma das primeiras teorias gerais de localização, conhecida também como localização económica pelo benefício líquido. Nos seus trabalhos, o autor defende que os fatores que influenciam a decisão quanto às localizações das atividades industriais são: o custo de transporte, o custo de mão-de-obra e um “fator local” decorrente das forças de aglomeração e desaglomeração (Monasteiro & Cavalcante, 2011).

¹⁵ A teoria da **Renda da Terra** de Ricardo parte de três ideias pré-existentes: teoria do monopólio, produtividade da terra (fertilidade dos solos vs mão de obra) e a teoria dos rendimentos decrescentes. Para David Ricardo, *a renda da terra é a parcela do produto da terra que é paga ao proprietário pelo uso das forças originais e indestrutíveis do solo*. Esta teoria permanece até hoje praticamente inalterada e perfeitamente integrada na teoria económica contemporânea (Reis & Santin, 2007).

De acordo com (Santos & Ribeiro, 2009), Weber assumiu um quadro de hipóteses relativamente restrito tais como: um país isolado, consumidores concentrados em centros urbanos pré-determinados, mercados perfeitamente competitivos, custos de transporte uniformes relativamente ao preço/distância, determinados recursos distribuídos uniformemente e outros localizados e mão-de-obra localizada em certas zonas e sem mobilidade. Weber concluiu que na medida em que os custos de transporte constituíam uma parte significativa dos custos totais, então a localização das empresas resultaria da ponderação entre os custos de transporte por unidade de distância da matéria-prima e do produto transformado (Blau, 1963).

3.2.3 – LOCALIZAÇÃO ECONÓMICA – MODELO DE HOTTELING

Partindo do princípio que a concorrência não é um processo em equilíbrio, Hotelling (1929), inova no campo da teoria da localização ao admitir imperfeições na concorrência, onde existe uma interação estratégica das indústrias dos mesmos setores de atividade que dão origem a oligopólios. Esta teoria assenta em duas evidências. Por um lado, mesmo na presença de custos de transporte, subsiste uma tendência natural das empresas para se instalarem no mesmo espaço geográfico, por outro lado, nem sempre a solução mais competitiva (que resulta da ação das forças de mercado) coincide com o interesse da população (Economides, 1993).

3.2.4 – TEORIA DOS LUGARES CENTRAIS

A teoria dos lugares centrais é uma teoria desenvolvida por Walter Christaller (1933), para explicar como diferentes lugares se distribuem no espaço. Segundo esta teoria, um lugar central (um centro urbano) fornece um conjunto de bens e serviços a uma determinada área envolvente (área de influência ou região complementar). Cada um destes lugares centrais pode ser classificado hierarquicamente em função da quantidade e diversidade de bens e serviços que fornecem à sua área de influência.

Partindo do princípio de que as pessoas procuram o lugar central mais próximo para se abastecerem e que os fornecedores seguem o princípio económico de maximização do lucro, os lugares centrais e as respetivas áreas de influência, tendem a dispor-se no espaço segundo uma malha hexagonal, onde a dimensão das áreas de mercado dependem dos custos de transporte e da elasticidade-preço do produto em questão (Preston, 2009).

A partir das hipóteses de Walter Christaller, Losch (1940) seguiu um percurso análogo, integrando uma síntese dos contributos anteriores e alargou o problema da localização industrial a todo o sistema económico, sugerindo uma teoria de equilíbrio espacial geral, que subsiste até aos dias de hoje de forma mais ou menos atual e consensual.

Ao contrário da abordagem de Alfred Weber, Losch centra-se na definição das áreas de mercado, potenciando a mobilidade da localização de forma a maximizar os lucros. O seu modelo assenta em três blocos distintos e interligados entre si: i) no espaço o mercado encontra-se num plano homogéneo ao longo do qual os consumidores distribuem-se de forma equilibrada; ii) a distribuição espacial das matérias-primas, da mão-de-obra e do capital são fatores fixos; iii) as preferências dos consumidores são consideradas constantes e os seus rendimentos equiparados; iv) não existe interdependência em termos de localização entre empresas; v) os custos de transporte são proporcionais à distância a percorrer; vi) os consumidores e produtores têm um conhecimento perfeito do mercado e maximizam, respetivamente a utilidade e os lucros (Santos & Ribeiro, 2009).

No desenvolvimento do seu campo teórico, Losch chega à identificação das áreas de mercado circular quando estamos na presença de produtores isolados. Com a entrada de mais produtores e a aproximação de uma situação de concorrência perfeita, o mercado vai-se comprimindo até formar uma rede de hexágonos em que o centro são os produtores. Este modelo tem a vantagem de ser compatível com diferentes bens e tecnologias, gerando diferentes redes hexagonais, cujas áreas terão um tamanho ditado pelas economias de escala e pelos custos de transporte dos diversos bens.

De acordo com Santos (2009), o modelo de Losch permite a diversidade de paisagens para os mercados de múltiplos bens, uma vez que existem economias de aglomeração que tendem a agrupar as empresas, produzindo bens para diferentes mercados, o mesmo sucedendo com os custos de transporte quando a distância percorrida é reduzida.

No entanto, de acordo com Capello, (2015), apesar da utilidade dos modelos desenvolvidos com base na teoria dos lugares centrais, estes falham na consideração das relações *input-output*¹⁶, as quais podem favorecer escolhas de localização ditadas pela proximidade a outros fornecedores.

¹⁶ Os modelos *input output* em economia foram desenvolvidos por Wassily Leonief e apresentados em 1941 no seu livro *The Structure of the American Economy*. Estes modelos recorrem a uma matriz para representar a economia de um país ou região, para prever o

3.2.5 – NOVA GEOGRAFIA ECONÓMICA

A existência de desigualdades regionais há muito atrai a atenção dos economistas, especialmente na área conhecida como economia regional. Durante muito tempo, os modelos e as técnicas regionais eram uma mera extensão daqueles utilizados a nível nacional, com um índice adicional identificando as diferentes regiões (matrizes de *input-output* inter-regionais).

Acerca das primeiras e valiosas contribuições dos seus antecessores, antes de Krugman (1991), ninguém tinha conseguido mostrar como os desequilíbrios regionais podiam surgir do domínio da teoria económica (Thisse, 2011), por isso é unânime afirmar que Paul Krugman é o fundador desta nova corrente na economia regional e urbana.

A nova geografia económica parte de uma mudança qualitativa do estudo teórico dos conceitos clássicos da localização económica (Christaller, 1933; Losch, 1940; von Thünen, 1826; Weber, 1957). Partindo de um modelo de rendimentos crescentes de escala e concorrência imperfeita, para explicar a distribuição espacial das atividades, Krugman foca-se nas economias de aglomeração onde incrementa quatro pressupostos nos seus trabalhos: i) custos de transporte; ii) a dimensão espacial de qualquer atividade económica; iii) rendimentos crescentes (de forma a justificar a distribuição desigual da renda, nacional e à escala global das diferentes atividades económicas; iv) incorporação de externalidades espaciais nas economias de aglomeração (de forma a explicar os processos de acumulação de riqueza nos lugares inicialmente favorecidos pela localização de um conjunto de atividades económicas e justificar a importância das multinacionais) (Krugman & Venables, 1995).

Neste contexto, Fujita (2002) procura explicar a elevada aglomeração de atividades que se verifica no espaço em diferentes níveis geográficos e com composições extremamente diversificadas. Segundo o mesmo autor, todos os níveis geográficos assim como todas as composições que contribuem para o processo de aglomeração estão agregados às economias de escala formando um sistema complexo e interdependente.

Para Krugman (1997), a questão primordial deste modelo não é admitir que as economias se aglomeram mas sim entender as razões que levam a que tal aconteça.

impacto de alterações numa indústria sobre as outras e sobre a população, governo e fornecedores estrangeiros dentro da mesma economia (Richardson, 1972).

Neste novo campo de pesquisa, são adotadas estratégias de modelação, que divergem claramente das técnicas tradicionais de análise espacial (baseadas no equilíbrio geral), ao incorporarem técnicas e conceitos como o *new trade* ou as teorias de crescimento *new growth theories*. Para tal, muito contribuiu o modelo matemático de Dixit & Stiglitz (1977), que permitiu entender a competição monopolista e papel fundamental dos custos de transporte no processo de aglomeração das atividades económicas.

A concentração de algumas indústrias em determinadas regiões, é explicado segundo Krugman (1997), através da atuação de forças de concentração (centrípetas¹⁷ e de forças de desconcentração centrífugas).

Fujita (2002), explica que a origem das forças centrípetas é a mesma das economias externas de Marshall, uma vez que se baseiam em economias externas puras (economias que por si próprias criam economias externas, normalmente associadas aos chamados *spillovers* que podem ser por exemplo originar a implementação de novas tecnologias), densidade do mercado de trabalho e dimensão do mercado (Cunha, 2008). Quanto às forças centrífugas, estas referem-se aos fatores de produção fixos, como os terrenos, o aluguel dos imóveis e os descongestionamentos.

De acordo com (Thisse, 2011), enquanto a ciência regional baseou-se em teorias abstratas e centradas no equilíbrio económico, a nova geografia económica focou-se no empirismo e incorporou noções keynesianas, a teoria circular de Myrdal (estrutura centro-periferia) e a distribuição desigual de Marx, numa visão da localização orientada pela teoria económica neoclássica.

Em síntese, a nova geografia económica procura explicar as economias de aglomeração num mercado global relativamente: às suas proximidades geográficas, de forma a que, permita integrar a redução do custo dos transportes; os benefícios da comunicação, que devem ser conseguidos através de infraestruturas adequadas e da introdução de *spillovers* tecnológicos.

Sem tirar o mérito a nenhum dos autores anteriormente descritos, com o enorme contributo que cada um deu, pode-se destacar três cientistas que sintetizam as principais questões levantadas na Geografia Económica e no estudo da localização das atividades

¹⁷ Christiaan Huygens em 1659 definiu que num movimento curvilíneo, a força responsável pela variação do módulo da velocidade é a força centrípeta. A força centrífuga, refere-se a uma força responsável por atirar o corpo para fora da curva durante a trajetória circular

económicas: Johann Heinrich von Thünen (1826), Harold Hotelling (1929) e Paul Krugman (1997). Para Thisse (2011) as suas contribuições pavimentaram o caminho para o surgimento de um grande número de pesquisas de alta qualidade. Von Thünen (1826) é o fundador da teoria do uso do solo e o seu trabalho serviu de alicerces para o desenvolvimento da economia urbana moderna. Já Hotelling (1929) trata de uma questão bem diferente, mas igualmente fundamental, ou seja, a natureza da competição no espaço e a maneira pela qual as empresas escolhem a sua localização num ambiente estratégico. Finalmente Paul Krugman (1991) destacou a sustentação microeconômica das aglomerações económicas espaciais e os desequilíbrios regionais ao nível nacional e internacional. Para isso, ele construiu um modelo completo de equilíbrio geral, capaz de explicar: porque, como e quando a atividade econômica pode ser concentrada em poucos locais.

3.3 - APTIDÕES REFERENCIADAS A USOS ESPECÍFICOS DO SOLO

O solo juntamente com a água são os principais recursos naturais de sustentação da vida na Terra. São estes dois recursos que condicionam a ocupação do espaço, tanto do ponto de vista de estruturação do espaço físico, onde surgem os núcleos populacionais, como para o equilíbrio dos ecossistemas e naturalmente para o aproveitamento agrícola, que abastece as necessidades alimentares básicas (FAO, 1998; Karlen *et al.*, 1997; Klingebiel & Montgomery, 1961; Lepsch *et al.*, 1991).

A ciência do solo divide-se em diferentes áreas de estudo: fertilidade dos solos, nutrição das plantas, biologia do solo, física do solo, gênese do solo, morfologia, classificação do solo e química e mineralogia do solo.

Em 1976, a FAO estabelece uma definição muito simples no seu bem conhecido boletim 32, “...*Terra e solo não são a mesma coisa. A terra é a parte do mundo que não é coberta por oceanos. O solo é a camada de material que cobre a terra e suporta o crescimento de plantas...*”. Este conceito tão simples e tão básico precede uma nova classificação da terra que será abordada mais á frente.

Há uma tendência a interpretar e a procurar respostas acerca do solo, enquanto recurso, de forma diferente consoante a área científica em questão. Na engenharia Civil, desenvolveu-se a mecânica dos solos, com o objetivo de analisar e prever comportamentos de aterros, taludes ou deslizamentos quando sujeitos a forças provocadas por obras de engenharia. O ramo da fertilidade do solo e nutrição das plantas é mais

focado na edafologia, onde o foco do estudo incide sobre na capacidade de suprir nutrientes do horizonte mais superficial dos solos agrícolas, onde se concentra a maior parte dos seus nutrientes e das raízes das plantas cultivadas. A pedologia é um ramo da ciência do solo, mais abrangente, sendo objeto de estudo tanto a camada arável como as de horizontes mais profundos.

Sobre esta temática, Lepsch (2002), sendo pedólogo tem uma abordagem extremamente interessante:

“...para alguns, solo é sinónimo de qualquer parte da superfície da Terra e mesmo de outros planetas. É o que se observa, por exemplo quando se lê que devem ser observados sinais de tráfego desenhados no solo ou que os astronautas colheram amostras do solo lunar. Geólogos podem entendê-lo como parte de uma sequência de eventos geológicos do chamado ciclo geológico. Para o engenheiro de minas, o solo é mais um material solto que cobre os minérios e que deve ser removido. O engenheiro civil considera-o parte da matéria-prima para construções de aterros, estradas, barragens e açudes. Tal como Liebig, os químicos podem considera-lo uma porção de material sólido a ser analisada em todos os seus constituintes elementares. Os físicos vêem-no como uma massa de material cujas características mudam em função de variações de temperatura e conteúdo de água. Os ecologistas vêem-no como parte do ambiente condicionado por organismos vivos e que por sua vez também influencia esses organismos...”. O mesmo autor descreve outras interpretações ligadas a outras áreas, como na história, a arqueologia, a filosofia ou as artes até chegar ao agricultor, que segundo o mesmo, interpreta o solo como o lugar onde ele pode desenvolver a sua atividade e na qual retira a sua subsistência.

3.3.1 - CLASSIFICAÇÃO DA CAPACIDADE DE USO DO SOLO

Devido a problemas de degradação dos solos, sobretudo a erosão, foi desenvolvido nos Estados Unidos da América pelo *Soil Conservation Service – USDA* um sistema de classificação dos solos coordenado pelos cientistas Klingebiel and Montgomery (1961), que será brevemente sintetizado.

No sistema de capacidade de uso, também conhecida como classificação taxonómica dos solos, o solo é agrupado e mapeado. Numa primeira fase, em unidades com capacidade de produzir culturas comuns e pastagens, evitando assim a degradação dos terrenos (sobretudo devido á erosão), por um longo período de tempo.

Este sistema é dividido em quatro categorias: grupo (A, B e C), classe (I, II, III, IV, V, VI, VII e VIII), subclasse (e, s, w, c) e unidade de capacidade de uso (a, b, c).

A primeira categoria é denominada grupo e assenta no grau de intensidade de uso do solo, que depende de algumas condições que influenciam a sua capacidade de produção, nomeadamente fatores de limitação do solo como: fertilidade, coeficientes hídricos (escassez ou excesso de água), suscetibilidade de erosão, mecanização e níveis tecnológicos adotados¹⁸

De acordo com a intensidade de uso do solo temos:

Grupo A – solos passíveis de utilização com culturas anuais, perenes, pastagens e/ou reflorestamento e vida selvagem (classes I, II, III e IV);

Grupo B – solos impróprios para cultivos intensivos, mas ainda adaptadas para pastagens e/ou reflorestamento e vida selvagem, porém cultiváveis de acordo em casos de algumas culturas especiais protetoras do solo (classes V, VI e VII).

Grupo C – solos não adequados para cultivos anuais, perenes, pastagens ou reflorestamento, porém apropriadas para a proteção da flora e fauna, zonas de recreio, de captação ou armazenamento de água (classe VIII).

Relativamente ao grau de limitação do uso do solo, as classes agrupam-se da seguinte forma:

Classe I – solos cultiváveis, aparentemente sem problemas de conservação;

Classe II - solos cultiváveis com problemas simples de conservação;

Classe III – solos cultiváveis com problemas complexos de conservação;

Classe IV – solos cultiváveis apenas ocasionalmente ou em extensão limitada, com sérios problemas de conservação;

Classe V – solos em geral para pastagens e/ou reflorestamento, sem necessidade de práticas especiais de conservação, cultiváveis apenas em casos muito especiais;

¹⁸ **Nível de Maneio:** agrupados em três grupos (A, B e C). O nível de manejo A (primitivo) baseia-se em práticas agrícolas que refletem um baixo nível técnico-cultural, o nível de manejo B (pouco desenvolvido) baseia-se em práticas agrícolas que refletem um nível tecnológico médio. Finalmente o nível de manejo C (desenvolvido) baseia-se em práticas que refletem um nível tecnológico de alto rendimento(Beek *et al.*, 1997)

Classe VI – solos com limitações severas relacionadas com a possibilidade de degradação que se tornam impróprias para cultivo, como tal a pastagem e/ou o reflorestamento são os usos indicados;

Classe VII – solos com limitações e problemas complexos de conservação que as tornam impróprias para cultivo, podendo, no entanto, ser adaptadas para reflorestamento e pastagem;

Classe VIII – solos impróprios para cultivo, para pastagem ou reflorestamento, podendo servir apenas como áreas de proteção e preservação dos ecossistemas naturais, de recarga dos aquíferos ou armazenamento de água.

Relativamente à natureza da limitação dos solos, as subclasses de capacidade de uso do solo são:

e – limitações pela erosão presente e/ou risco de erosão;

s – limitações relativas aos solo;

w – limitações por excesso de água;

c – limitações relativas ao clima

Relativamente às unidades de capacidade de uso do solo, estas deverão ser suficientemente uniformes em relação à combinação das características do solo que influenciam as suas qualidades, de forma a apresentarem potencialidades semelhantes, e limitações ou riscos contínuos.

a – tipos de culturas semelhantes ou pastagem submetidas a práticas de manejo semelhantes;

b – gestão e manejo semelhantes sob o mesmo tipo de coberto vegetal;

c – potencial de produtividade semelhante com variações inferiores a 25%.

Para diversos autores (Di Gregorio & Jansen, 2005; Landon, 1984; Lepsch, 2002; Townshend *et al.*, 1991), o sistema de capacidade de uso baseia-se numa classificação técnico-interpretativa que visa a preservação do solo do ponto de vista da sua utilização para fins agrícolas. Trata-se dum sistema estático, com usos pré-definidos, com características permanentes traduzidas sempre em níveis de limitações e riscos.

Apesar de não se tratar de uma classificação perfeita, foi aceite e acolhida pela comunidade científica internacional e adaptada a diferentes países, com simplificações, introduções ou substituições de certos conceitos.

3.3.2 - CLASSIFICAÇÃO DA APTIDÃO DO USO DO SOLO

Com o objetivo de uniformizar a nível internacional a classificação dos solos, a FAO (1976, 1984), desenvolveu uma metodologia de avaliação com o objetivo específico de estabelecer classes em função da sua aptidão para usos específicos, que assenta em seis princípios fundamentais: i) a aptidão do solo é avaliada e classificada de acordo com os seus tipos de uso específico; ii) a avaliação requer uma comparação dos benefícios obtidos e os *inputs* necessários em diferentes tipos de solos; iii) a aptidão do solo requer uma abordagem multidisciplinar; iv) na avaliação dos solos devem ser levados em conta as questões mais relevantes do ponto de vista físico, económico e social; v) a aptidão do solo a determinado uso deve ter em conta uma base de sustentabilidade (degradação progressiva, erosão ou riscos de cheias); vi) a avaliação do solo deve envolver sempre a comparação de mais do que um único uso.

Esta classificação divergia daquela desenvolvida por Klingebiel & Montgomery (1961), uma vez que o sistema de aptidão avalia a adaptabilidade dos solos para determinados tipos de usos específicos, enquanto o sistema de classificação pela capacidade de uso avalia os solos num determinado nível para uso geral.

Para diversos autores (Landon, 1984; Rossister, 1996; Verheye, 2009) este processo de avaliação da terra, através da sua aptidão, permite estimar o seu uso potencial com base nos seus atributos¹⁹, sendo adotado e adaptado a larga escala emergindo como um padrão internacional da ciência moderna de avaliação dos solos.

Para Yizengaw & Verheye (1995), este sistema de avaliação assenta em métodos qualitativos ainda que possa ser complementado por métodos quantitativos. Já Rossister (1996) vai mais longe e afirma que sistema de classificação abre um longo caminho permitindo a utilização e exploração de uma grande variedade de modelos analíticos,

¹⁹ Os atributos do solo referem-se a: definições e diagnósticos dos critérios dos horizontes dos solos; propriedades dos solos, matérias dos solos. Esta é a base técnica para classificação dos diferentes grupos de solos (FAO, 1984)

variando de qualitativos para quantitativos, mecânicos, funcionais, específicos ou generalistas.

Com o desenvolvimento de novas áreas dentro das ciências do ambiente, foram surgindo desafios emergentes relacionados com a função dos ecossistemas. Com base neste conceito a FAO (1998), sintetiza as funções do solo nos ecossistemas, onde se pode entender o solo com base nas suas diferentes funções: produção, biótica e ambiental, climática e regulativa, hidrológica, armazenamento, ação depuradora de resíduos e poluentes, espaço de vida, herança cultural e conectividade com o espaço.

Com a introdução de uma vasta base de dados de parâmetros relacionados com a qualidade do solo, condições climáticas, condições de relevo e declive, aliado a metodologias desenvolvidas ao longo das últimas décadas sobre as necessidades edafoclimáticas essenciais para o desenvolvimento de cada cultura, a FAO em 1996 lança o modelo FAO's Ecocrop, que rapidamente se generaliza à escala mundial, estando nos dias de hoje disponível numa plataforma interativa na internet acessível a qualquer utilizador a partir de qualquer sistema operativo de qualquer *browser*.

Importa aqui referir, de forma a ordenar em termos cronológicos os acontecimentos, que o Ecocrop (FAO, 1996) é precedido do projeto CRIES (*Comprehensive Resource Inventory and Evaluation System*) desenvolvido para a FAO em 1978 pela Universidade do Michigan, que abrange a escala continental e que usa como premissas as características de 30 diferentes culturas praticadas em todo o mundo. Este modelo foi denominado de FAO-Agro-Ecological Zones (GAEZ) e foi o ponto de partida para o primeiro modelo de apoio à decisão informatizado (DSSAT – *Decision Support System for Agrotechnology Transfer*) agro-tecnológico.

Com a introdução de novas ferramentas tecnológicas de informação, nomeadamente os SIG, a deteção remota, os sistemas de classificação e avaliação dos solos, deu-se um salto quantitativo e qualitativo na produção e análise de informação, que se tem traduzido ao longo dos anos em mapeamentos do solo, mapeamento de aptidões de culturas ou modelações para fins específicos.

A literatura científica encontra-se inundada de diversas publicações sobre aptidões de uso de determinadas culturas para todos os continentes, países e regiões, adotando diferentes metodologias e recorrendo a diferentes bases de dados (cada vez mais desenvolvidas) de

clima, solos, declives e outras condicionantes geofísicas, devidamente cartografadas e georreferenciadas.

Nesta abordagem pelo campo da literatura, destaca-se por razões simbólicas dois trabalhos. O primeiro de Marchand & Giraldot (1999), que recorrendo aos SIG desenvolvendo a primeira aplicação para a aptidão da cultura do inhame. Sendo os Estados Unidos da América o país onde foram desenvolvidos os primeiros *softwares* SIG, não deixa de ser curioso que o primeiro trabalho neste domínio tenha sido desenvolvido em França por estes dois pesquisadores. Volvidos quatro anos Luis Luz (2003), sob a orientação do Professor João Matos, apresenta em Portugal o primeiro modelo geográfico de determinação de aptidão de uso (aplicado a Timor-Leste) de culturas como o algodão, milho, arroz de sequeiro e de regadio, batata-doce, amendoim, cana-de-açúcar, mandioca, banana, feijão, cevada e trigo.

Os trabalhos acima descritos, não minimizam em nada o vasto trabalho técnico e científico desenvolvido e publicado em revistas científicas nos últimos anos, sobre diferentes culturas em diferentes regiões do globo. Antes pelo contrário, na comunidade científica, a ciência é entendida, como inovação partindo do existente, levando muitas vezes a uma desarticulação entre a comunidade académica e a sociedade. O resultado é a inovação, que depois de cientificamente validada, cabe a outros agentes de desenvolvimento implementá-la, porque replicar uma metodologia noutras regiões, perante a comunidade científica, não traz o devido reconhecimento entre os seus pares, fazendo com que os pesquisadores sejam “máquinas” de constante pesquisa com o objetivo de inovar sistematicamente. Nos dias de hoje, todos têm a noção do papel das Universidades e dos Institutos de Investigação, não apenas como polos económicos regionais que proporcionam a criação de emprego, mas sobretudo pelo desenvolvimento regional e local que estas instituições desempenham com grande parte dos seus trabalhos e estudos a incidirem sobre a região onde se inserem.

CAPÍTULO 4

CARACTERIZAÇÃO DA ÁREAS DE ESTUDO

4 – CARACTERIZAÇÃO DAS ÁREAS DE ESTUDO

4.1 - INTRODUÇÃO

A escolha dos casos de estudo que integram este trabalho, está diretamente relacionada com a cronologia de desenvolvimento do SIMLU.

Depois dos primeiros ensaios com um modelo de ocupação do uso do solo para a evolução do território na ilha do Corvo (Gonçalves & Dentinho, 2007; Silveira & Dentinho, 2010) e na ilha Terceira (Silveira, 2009), o GDRS da Universidade dos Açores colaborou no projeto WATERKNOW integrado no programa europeu *Climate Impact Research Coordination for a Larger Europe, Mediterranean Group* – CIRCLE Med, onde foi proposto o desenvolvimento do modelo de interação espacial, com calibração de *bid-rents* para uma vasta área da região de Tanger-Tétouan-Al Hoceima no Norte de Marrocos. O projeto WATERKNOW coincidiu com a fase inicial do programa de doutoramento em gestão interdisciplinar da paisagem, da qual resulta o presente trabalho escrito, possibilitando assim testar e ajustar o modelo a uma realidade complementemente distinta daquela encontrada anteriormente em ambiente insular e que permitiu os primeiros ensaios com o modelo de interação espacial do uso do solo.

Do primeiro caso de estudo, surge a primeira versão do modelo SIMLU *V1.0* que se baseia em ensaios anteriores aplicados apenas nos Açores (Gonçalves & Dentinho, 2007; Silveira, P., 2009; Silveira & Dentinho, 2010) e que será apresentado no capítulo 7.

Dada a necessidade de operacionalizar o modelo e dotá-lo de novas ferramentas que passavam pelo aumento da capacidade de desagregação de zonas e conseqüentemente o aumento da capacidade de cálculo, voltou-se ao ambiente insular, nomeadamente à ilha Terceira para fazer novos ensaios e testar a nova operacionalização do modelo. Deste segundo caso de estudo, resultou a segunda versão do modelo denominada SIMLU *V. 2.0* apresentada também no capítulo 8.

Este capítulo, é dedicado à caracterização dos dois casos de estudo, sendo que o primeiro se refere á bacia de Tahaddart e áreas adjacentes e o segundo caso a ilha Terceira nos Açores.

4.2- CARACTERIZAÇÃO DA BACIA DE TAHADDART E ÁREAS ENVOLVENTES

A zona de estudo abrange toda a bacia de Tahaddart e zonas envolventes e situa-se na região de Tanger-Tétouan-Al Hoceima do norte de Marrocos, com uma área de cerca de 2044 km², cerca de 20% da área total da região, abrangendo 20 comunas das províncias de Fahs-Bni Makada, Tanger-Assilah, Tétouan e Larache (Figura 3 A).

De forma a integrar a metodologia desenvolvida para aplicar o modelo de interação espacial do uso do solo, desagregou-se a área inicial em três zonas, conforme ilustra a Figura 3(B).

A *zona 1* é aquela que apresenta uma maior densidade populacional (1 857 hab/km²), uma vez que abrange a cidade de Tânger (a quinta cidade mais populosa de Marrocos). De acordo com o RGH (2004), esta zona tem uma população total de 696 397 habitantes distribuídos por uma área de cerca de 375 km².

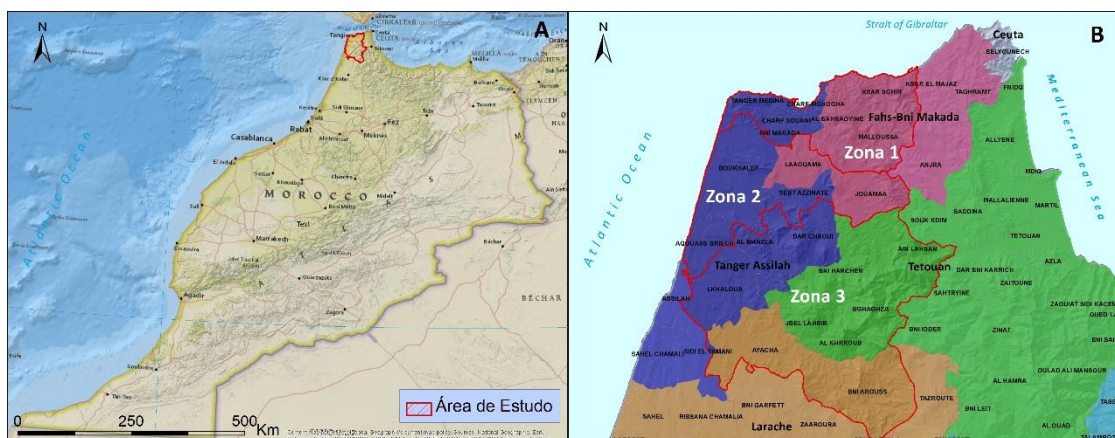


Figura 3 – (A): Área de estudo (bacia de Tahaddart e áreas adjacentes) no contexto de Marrocos (Cartografia de base ESRI e NASA); (B): Desagregação da área de estudo em três zonas da região de Tanger-Tetouan-Al Hoceima

Em termos económicos, Tânger tem sido alvo de investimentos significativos que fazem dela uma cidade muito atrativa para a realidade Marroquina. Em primeiro lugar, beneficia do fato de ser uma zona franca, em segundo, foi a cidade escolhida para acolher o Tangier-Med que é um dos maiores portos da região. Aproveitando a sua proximidade com Espanha e estando localizado numa posição privilegiada na entrada do Mediterrâneo, o Tangier-Med²⁰ rivaliza com o seu grande rival geográfico, o Porto de Algeiras no sul de Espanha. Nesta zona estão incluídas as comunas de Tangier-Medina, Charf-Mghogha,

²⁰ O *World Shipping Council* classifica o Tangier-Med na posição 49^a a nível mundial e em 2^o em África (apenas ultrapassado pelo *Port Said* no Egito) sua lista de 2016 e que pode ser acedida em: <http://www.worldshipping.org/>

Charf-Souani e Bni Makada (da província de Tanger-Assilah) e All Bahraoyine, Ksar Sgir e Malloussa (província de Fahs-Bni Makada).

A zona 2, abrange um território predominantemente rural, ainda que existam algumas infraestruturas urbanas de grande dimensão, como é o caso do aeroporto de Tanger-Ibn Batouta a Norte de Boukhalef, assim como alguns bairros residenciais em Gueznaia. Fazem ainda parte da zona 2 as comunas de Sebt Azzinate e Aqouass Briech da província de Tanger-Assilah e as comunas de La Aouama e Jouamaa na província de Fahs-Bni Makada, com uma população de 55 317 habitantes, distribuídos por uma área de cerca de 486 km² (RGH, 2004).

Finalmente a zona 3, com uma população de 67 135 habitantes e uma área de cerca de 1 183 km² é composta por 10 comunas, cinco na província de Tetouan (Ain Lahsan, Bni Harchen, Bghaghza e Al Khroub), três na província de Tanger-Assilah (Dar Chaoui, Al Manzla e Lkhaloua) e finalmente a norte da província de Larache (Ayacha e Bni Arouss).

4.3 - CARACTERIZAÇÃO E ENQUADRAMENTO GEOGRÁFICO DA TERCEIRA

A ilha Terceira localiza-se no Grupo Central do Arquipélago dos Açores, em pleno Oceano Atlântico, com uma latitude de 38° 42' N, próxima de Lisboa, situando-se a cerca de 1500 km da capital Portuguesa e a cerca de 3000 km da cidade de Halifax na costa Leste do Canadá (Figura 4).



Figura 4 – Localização do Arquipélago dos Açores no Atlântico Norte

Ocupa uma área de aproximadamente 400 km², com cerca de 29 km de comprimento e 17 km de largura, apresentando uma forma mais ou menos elíptica que assenta sobre três grandes maciços estruturais (Figura 4) constituídos pelos estrato vulcões dos Cinco Picos a Leste, pelo maciço Guilherme Moniz-Pico Alto ao centro e pela Serra de Santa Bárbara a Oeste (Cota Rodrigues, 2002; França *et al.*, 2005).

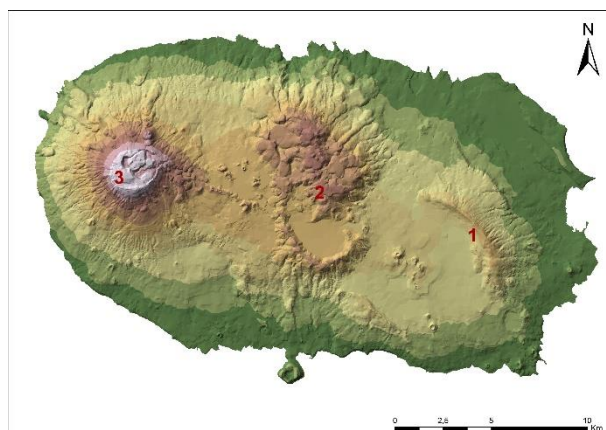


Figura 5 – Maciços estruturais da ilha Terceira (1 – Cinco Picos; 2 – Guilherme Moniz-Pico Alto; 3 – Serra de Santa Bárbara)

Em termos climáticos, de acordo com Azevedo (2015), o clima dos Açores é caracterizado pela sua amenidade térmica, pelos elevados índices de humidade do ar, por taxas de insolação pouco elevadas, por chuvas regulares e abundantes e por um regime de ventos vigorosos que rondam o arquipélago acompanhando o evoluir dos padrões de circulação atmosférica à escala da bacia do Atlântico Norte. A Figura 5, ilustra o relevo da ilha Terceira e o conjunto dos 3 maciços centrais que em erupções vulcânicas em diferentes períodos originaram a formação da ilha.

4.3.1 – ILHA TERCEIRA E O POVOAMENTO

A ilha Terceira foi a segunda ilha a ser povoada pelos Portugueses a seguir à ilha de São Miguel por ordem de D. Afonso IV a partir da segunda metade do século XV, sendo à semelhança das restantes ilhas dos Açores, coberta por uma densa floresta endémica (*Laurissilva*) que ocupava entre 80-90% da superfície das ilhas (E. Dias *et al.*, 2007).

A 21 de Março de 1450, o Infante D. Henrique concede a capitania da Terceira ao Flamengo Jácome de Bruges, para que ele a povoasse com sede na Praia entre 1456 a 1474 (J. G. C. Fernandes, 1985).

Com a crescente chegada de povoadores, vindos sobretudo do Norte de Portugal e da Flandres a capitania da ilha é dividida em duas: a Capitania da Praia, entregue a Álvaro Martins Homem e a de Angra entregue a João Corte Real (J. G. C. Fernandes, 1985).

Devido ao aumento populacional que se verificou na passagem do século XV para o século XVI e pela sua posição estratégica como porto de abrigo nas rotas das Índias, Angra foi elevada à categoria de cidade, por carta Foral concedida em Évora a 21 de agosto de 1534 por D. João III, tornando-se assim a primeira cidade Açoriana (Maduro-

Dias, 1991). Nesse mesmo ano, o Papa Paulo III, cria pela Bula de 3 de novembro o Bispado dos Açores, com sede na Diocese de Angra (J. G. C. Fernandes, 1985).

A partir de meados do século XVI, a Terceira já apresenta uma distribuição da população pelos núcleos populacionais que existem na atualidade, com uma estrutura quase sempre junto à costa, onde o clima é mais ameno (Maduro-Dias, 1991). Entretanto, e por esta altura, Angra ganha estatuto de cidade europeia, sendo a primeira localidade dos Açores estruturada, tendo por base um plano de urbanização, com um traçado muito semelhante ao da Lisboa Pombalina ainda que com quase dois séculos de antecedência (J. M. Fernandes, 1989). Alguns autores (P. Dias, 2008; Maduro-Dias, 1991) defendem mesmo que a precocidade com que Angra foi planeada, deveu-se à influência da Ordem de Cristo, sediada em Tomar.

Na segunda metade do século XVI e durante a primeira metade do século seguinte, construíram-se grandes complexos religiosos que criaram novos polos de desenvolvimento local, rompendo com os limites da malha anteriormente projetada (Dias, 2008).

A cidade de Angra, beneficiando do seu porto como ancoradouro das rotas comerciais Portuguesas da Índia e do Brasil, desenvolveu-se, centralizando em si o poder político, administrativo e religioso, desempenhando ainda um papel notável nas fases históricas da ocupação Filipina e da Restauração da Independência de Portugal, bem como no período das lutas entre liberais e absolutistas, que lhe valeu já no século XIX o título de “Heroísmo”. Ao mesmo tempo e a Leste, a baía da Praia, desempenhava um papel complementar ao porto de Angra, quando as condições marítimas eram adversas (Maduro-Dias, 1991). Em 1829, no contexto da Guerra Civil Portuguesa, travou-se a batalha da baía da Praia entre as tropas liberais e uma esquadra de tropas miguelistas que foi impedita de entrar na Terceira, levando a que mais tarde D. Maria II lhe atribuisse o título de “Mui Notável” e “da Vitória”, passando a intitular-se Vila da Praia da Vitória.

O sismo de 1 de janeiro de 1980 destrói grande parte da cidade de Angra do Heroísmo. No entanto foram efetuados grandes esforços no processo de reconstrução, com uma intervenção urbanística e arquitetónica que lhe valeu em 1983 a classificação pela UNESCO de cidade “Património Cultural da Humanidade” pela preservação do seu centro histórico.

4.3.2 – EVOLUÇÃO DEMOGRÁFICA

A evolução demográfica permite compreender a realidade territorial ao nível da densidade de ocupação do uso do solo, traduzindo desta forma as áreas que estão mais propícias e sujeitas à alteração do Homem (Silva, 2010).

As 9 ilhas dos Açores, não foram povoadas por gentes da mesma origem. De acordo com (Fernandes, 1985), para a Terceira e numa primeira fase, terão vindo famílias quase exclusivamente de beirões e nortenhos, acompanhados por um contingente significativo de flamengos. Mais tarde, e ainda segundo o mesmo autor, terão chegado outros grupos menores de mouros, negros, madeirenses e judeus.

Segundo (P. Dias, 2008), por meados do século XVI, existiria uma população entre 16000 e 17000 habitantes, onde metade dos quais residiam na cidade de Angra. No entanto a evolução demográfica até ao século XIX é incerta, uma vez que não havia recenseamentos gerais da população. Os registos, quase na sua totalidade, estavam confinados às paróquias da igreja católica, através dos registos de batizados, casamentos e funerais.

O primeiro recenseamento geral da população a nível nacional dá-se em 1864 no reinado de D. Luís I, ainda que já existissem alguns trabalhos anteriores²¹ e que hoje estão acessíveis no Instituto Nacional de Estatística – INE.

No período compreendido entre 1864 e 1900 a população na Terceira mantém-se mais ou menos homogénea, com um crescimento lento, variando entre 46000 habitantes no primeiro recenseamento geral da população e 48800 no início do século XX. Neste período, ocorre as primeiras grandes vagas de emigração, para o Brasil, Havai, Bermuda e Estados Unidos da América.

²¹ Estudos demográficos anteriores ao Recenseamento Geral da População de 1864 (INE, 2011).

- Rol de Besteiros do Conto, de D. Afonso III (1260-1279);
- Rol de Besteiros do Conto, de D. João I (1421-1422);
- Numeramento ou Cadastro Geral do Reino, de D. João III (1527);
- Resenha de Gente de Guerra, de D. Filipe III (1639);
- Lista dos Fogos e Almas que há nas Terras de Portugal, de D. João V (1732), também conhecida por Censo do Marquês de Abrantes;
- Numeramento de Pina Manique, de D. Maria I (1798);
- Recenseamento Geral do Reino, de D. João VI, também conhecido por Censo do Conde de Linhares (1801);
- Recenseamentos Gerais de 1835 e 1851.

A primeira quebra na população da Terceira dá-se entre o período de 1910 a 1920, correspondendo a momentos agitados no país que levaram à queda da Monarquia e implantação da República Portuguesa e posteriormente a uma série de acontecimentos trágicos ligados à Primeira Guerra Mundial. Por esta altura, assiste-se a mais uma vaga de emigração sobretudo para os Estados Unidos da América.

A partir da década de 20 do século XX, com a paz restabelecida na Europa, a população da Terceira, á semelhança das restantes ilhas, começa a recuperar lentamente atingindo em 1930 cerca 48700 habitantes, praticamente a mesma população de 1900. Com a entrada do Estado Novo, Portugal progressivamente entrou num processo de estabilização política, saneamento da dívida externa, que se estendia desde a Primeira República e que a Primeira Guerra Mundial veio agravar.

Apesar da catástrofe que se abateu na Europa com a Segunda Guerra Mundial, a população da Terceira (à semelhança das restantes ilhas) continuou a crescer atingindo o seu ponto mais alto no RGP de 1960, com 71610 habitantes, com uma densidade de 387 hab./km², a mais elevada densidade populacional de todo o Arquipélago.

A este período de crescimento demográfico que se assiste durante grande parte do Estado Novo, não corresponde a uma melhoria do nível da população, mas sim da impossibilidade de imigração. Em 1958, com a erupção do vulcão dos Capelinhos, são celebrados acordos entre Portugal e os Estados Unidos da América, que abrem de novo as portas à emigração.

A partir de 1964, a população da Terceira começa a diminuir de forma acentuada, à semelhança de todo o arquipélago devendo-se sobretudo a fatores de ordem conjuntural internos ou exógenos, como os acordos com os Estados Unidos da América para a imigração, as crises sísmicas de 1964, a Guerra colonial, a crise financeira em Portugal após o 25 de Abril de 1974 e o sismo de 1980 (Fernandes, 1985).

Em 1981 a população dos Açores tinha perdido cerca de 84000 habitantes face a 1960, voltando a valores muito próximos do recenseamento de 1911, que correspondeu ao último grande período de imigração açoriana do século XX, sobretudo para os Estados Unidos da América e Canadá.

A Figura 6 apresenta a evolução da população na Terceira, desde o primeiro RGP de 1864 até ao último RGP de 2011.

A partir de 1981, a população da Terceira tende a estabilizar, facto que em muito se deve ao estatuto político administrativo adquirido em 1976, que permitiu o aparecimento de uma série de instituições e uma crescente oferta de emprego que fixa em definitivo sectores da sociedade sujeitos anteriormente à mobilidade laboral.

Com a adesão de Portugal à Comunidade Económica Europeia em 1986, começam a surgir os primeiros fundos comunitários, que permitem criar uma série de infraestruturas por todo o arquipélago, levando a um substancial melhoramento do nível de vida da população e fazendo com que a tendência secular dos açorianos de imigrar se fosse mantendo num processo mais ou menos letárgico, sobretudo nas ilhas onde estão instaladas as infraestruturas criadas depois da autonomia, São Miguel, Terceira e Faial, que concentram a maioria do orçamento da região. As restantes ilhas continuam o seu processo de desertificação tendo perdido quase 50% da população na segunda metade do século XX.

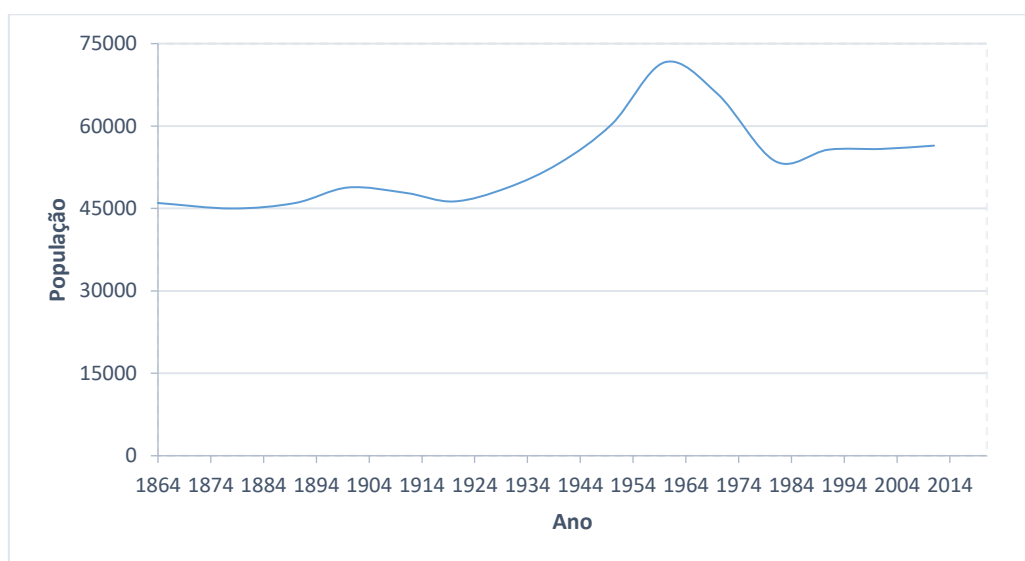


Figura 6 - Evolução da população da ilha Terceira (INE, 2011)

4.3.3 – CARACTERIZAÇÃO SOCIOECONÓMICA DA TERCEIRA

Desde o início do Povoamento (século XV), que a população da Terceira na sua esmagadora maioria, vivia no meio rural e era a mão-de-obra utilizada nas propriedades atribuídas pela Coroa Portuguesa às famílias Aristocratas que iniciaram o povoamento da

ilha. A exploração dos recursos naturais da Terceira à semelhança das restantes ilhas é caracterizada pelo fenómeno designado monocultura colonial de exportação (Zimmermann, 2009) que se estendeu mais tarde ao Brasil Colonial Português e posteriormente à África Colonial. Este sistema assentava numa produção especializada e otimizada para os mercados europeus. Na Madeira inicia-se com a cana-de-açúcar e nos Açores com a produção de cereal, nomeadamente o trigo (Magalhães, 2009; Vieira, 1985).

É a procura externa que dita a produção de uma determinada região, associado ao seu potencial produtivo. Portugal entre o século XIV e o século XV viveu uma situação complicada²² relativa ao seu *deficit* crónico de cereais e o Povoamento dos Açores surgiu como uma oportunidade para abastecer o Reino.

A cultura intensiva de cereais levou a um rápido esgotamento dos solos, levando ao seu declínio no início do século XVII, que coincidiu com o início de um novo ciclo económico, a cultura do pastel.

A cultura do pastel teve o seu auge em meados do século XVII, com uma elevada procura dos extractos desta planta nas indústrias tintureiras de tecidos, na Flandres na Holanda e em Inglaterra. A Terceira á semelhança das restantes ilhas dos Açores, beneficiando de condições edafoclimáticas para a produção do pastel e também da urzela²³ tornou-se num dos principais produtores da região, sendo exportada através do porto de Angra, grande parte da produção açoriana, não só a que era produzida na ilha mas também as produções que vinham de São Jorge e da Graciosa (Rocha Gil, 1981).

Resultado das guerras napoleónicas no início do século XIX, os portos mediterrânicos passam a ser controlados pelos Franceses e são fechados à Real Marinha Britânica. Por essa altura, os citrinos eram considerados um bem de primeira necessidade na navegação, pois eram a principal fonte de vitamina C que protegia das doenças que afetavam as tripulações no alto mar, nomeadamente o escorbuto. Rapidamente as ilhas açorianas se transformaram em autênticos pomares de laranjas em pleno Atlântico, abastecendo as

²² Devido ao aumento demográfico registado em Portugal entre finais do século XIV e durante o século XV, a escassez de cereais no Reino foi uma realidade dramática, uma vez que o Alentejo deixou de ter capacidade produtiva para abastecer o país inteiro. Foram períodos de fome e nas últimas décadas do século XV, viveu-se 21 anos de crise de subsistência (Oliveira Marques, 1978).

²³ A Urzela – *Roccella tinctoria*, é um líquene que produz um corante de cor púrpura, ao contrário do Pastel – *Isatis tinctoria* que é uma angiosperma e cuja fermentação do extrato das suas folhas produz um corante azul.

Armadas Britânicas, sendo durante o século XIX o principal produto de exportação da Terceira e de quase todas as ilhas dos Açores (F. S. Dias, 1995).

A Figura 7 ilustra os principais ciclos económicos ligados ao uso do solo na Terceira, que de certo modo foi transversal à economia da região, ainda que houvesse pequenos ciclos de espacialização em certas ilhas como é o caso da exportação de vinho sobretudo da ilha do Pico até ao final do século XIX (altura em que a *filoxera* destrói grande parte das vinhas europeias), da exportação de queijo da ilha de São Jorge desde finais do século XVII e da exportação de ananás da ilha de São Miguel a partir de meados do século XIX.

Desde o início do povoamento, os ciclos de especializações agrícolas (cereais, pastel e a laranja) sucederam-se entre crises e perturbações socioeconómicas que marcaram os períodos intermédios, resultantes do esgotamento dos solos aráveis e do aparecimento de pragas, entre outras causas de cariz comercial. Os ciclos de exploração marcaram profundamente a paisagem das ilhas e ditaram uma utilização abusiva dos recursos naturais (H. Calado *et al.*, 2003).

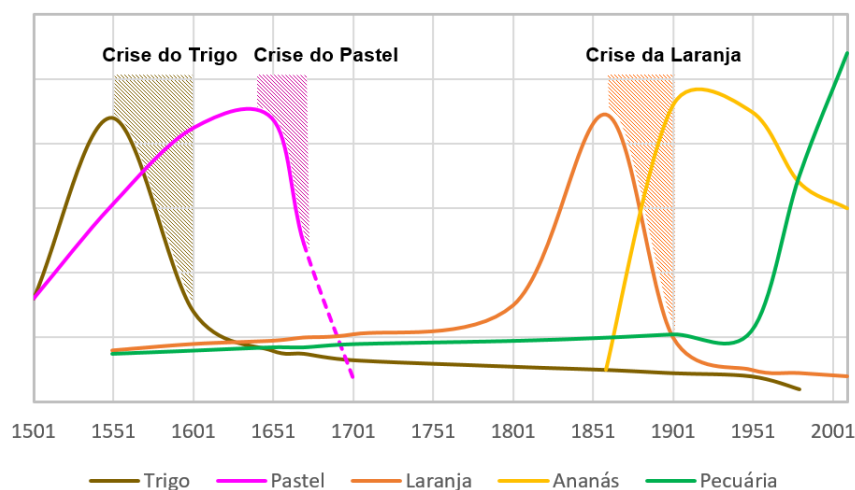


Figura 7 – Principais ciclos económicos ligados ao uso do solo nos Açores adaptado de Calado *et al.*; (2003).

Em julho de 1941, o Reino Unido em conjunto com os Estados Unidos da América, instalam uma base²⁴ aérea nas freguesias das Lajes no nordeste da ilha Terceira, que serviria de apoio às tropas aliadas durante a Segunda Guerra Mundial, nomeadamente a

²⁴ A Base aérea das Lajes, é designada na estrutura militar da Força Aérea Portuguesa, por BA4, onde está instalada o Comando da Zona Aérea dos Açores. Na Força Aérea dos Estados Unidos da América, a Base Aérea das Lajes é denominada de *65th Air Base Group*, e integra a zona de Comando *US Air Forces in Europe – US Air Forces Africa*.

RAF e a USAF. No final da Segunda Guerra Mundial, a RAF abandona a estrutura militar, ficando esta entregue à USAF e à Força Aérea Portuguesa.

Em termos económicos, a ilha Terceira beneficiou da criação de empregos diretos que no final dos anos 40 eram cerca de 1500. No início do século XXI os empregos diretos eram cerca de 1000, número que tem vindo a decrescer consideravelmente com base no plano de reestruturação Norte-americano, que restringe o efetivo militar na ilha, que em meados dos anos 90 chegou a ser cerca de 5000 pessoas, incluindo civis, militares e familiares (Grave, 2001).

Foi devido à presença dos Estados Unidos nos Açores que Portugal aderiu à NATO em 1949 (um ano depois de ser criada através do Tratado de Bruxelas), um facto inédito pois Portugal vivia num regime de ditadura. Mais tarde, durante a Guerra Colonial, as facilidades da utilização da base das Lajes, levou ao “silêncio” Norte-americano no seio das Nações Unidas (Teixeira, 1999) sobre as questões coloniais.

Na segunda metade do século XX, começa-se a desenvolver a atividade agropecuária com fins industriais, que se assume até hoje, como a atividade de suporte da economia da Terceira e da maioria das ilhas do arquipélago. De acordo com Calado *et al.* (2003), o aumento das áreas de pastagens artificiais em detrimento das culturas agrícolas, o crescimento do efetivo bovino e a ampliação do número de unidades industriais de transformação de leite, conduziram esta atividade a uma monocultura, com todas as consequências inerentes à dependência de um setor produtivo.

No entanto, nos últimos anos o setor do turismo tem surgido com um dinamismo bastante acentuado. De acordo com o SREA (2016), só no que se refere à hotelaria tradicional, o número de dormidas na ilha Terceira entre janeiro e julho de 2016 cresceu cerca de 81% face ao período homólogo de 2015, resultado de acordos económicos com vários agentes de turismo nacional e internacional.

Outros pequenos setores da economia da Terceira, encontram-se ligados às Pescas, à horticultura e hortifruticultura ainda que com pouca expressão de mercado. Apesar de uma maior diversidade da economia da ilha, o emprego na Terceira à semelhança das restantes ilhas continua a depender na sua esmagadora maioria do dinheiro público proveniente do Orçamento de Estado e de Fundos Comunitários (Haddad *et al.*, 2013).

Relativamente ao Produto Interno Bruto da Terceira, com base nos valores de 2013 (SREA, 2015), o PIB da ilha representa cerca de 20 % da região, valor que tem vindo a

decrecer desde o início dos anos 80. Por seu lado, há que ter em consideração que o PIB dos Açores no contexto nacional e tendo por base os valores de 2012 (INE, 2014) é inferior a 2,1%.

4.4 – SÍNTESE

A escolha de dois casos de estudo, tão distintos em termos sociais, climáticos e até mesmo estruturais, deveu-se às oportunidades que surgiram. Por um lado, possibilitou testar e adaptar o modelo a um espaço continental com características totalmente diferentes das que anteriormente tinham sido testadas, por outro, integrar o trabalho num projeto de dimensão internacional com todas as mais valias associadas à colaboração científica de outras equipas e instituições investigação internacional.

No segundo caso de estudo, a caracterização é mais extensa e detalhada que no primeiro caso, uma vez que os níveis de informação disponíveis eram muito superiores para a ilha Terceira que para a região de Tanger-Tétouan-Al Hoceima.

CAPÍTULO 5

MODELO DE INTERACÇÃO ESPACIAL DO USO DO SOLO

5 – MODELO DE INTERAÇÃO ESPACIAL DO USO DO SOLO - SIMLU

5.1 – INTRODUÇÃO

Os modelos de interação espacial descrevem fluxos de pessoas, bens, serviços ou outras informações de uma origem i para um destino j . A base teórica destes modelos é inspirada na teoria gravitacional de Newton, desenvolvida nos anos sessenta por David Huff para o cálculo de probabilidades gravitacionais entre consumidores de um determinado bem ou serviço com uma origem x_i e a localização espacial y_i do mesmo. Tratando-se de um modelo gravitacional, o modelo de Huff (1963) é influenciado drasticamente pelo cálculo das distâncias, podendo estas serem calculadas de três formas distintas: distância euclidiana tradicional (em linha reta), distância por estrada ou como tempo de viagem ao longo de um determinado percurso.

O modelo de interação espacial do uso do solo SIMLU, que é o *core* do modelo integrado SIMLUC, distribui emprego por setores de atividade e população residente pelas diferentes zonas da área de estudo, dependendo de fatores como a distância, custo de transporte e do efeito de atratividade gerado em cada zona. Este modelo, foi desenvolvido tendo como base os princípios da teoria gravitacional acima descritos, que permitem descrever e prever, fluxos de bens e serviços, pessoas e informação ao longo do tempo e do espaço e ao mesmo tempo gerar padrões de ocupação do território, tendo por base a identificação das principais atividades e dos seus fatores de produtividade, consumo e emprego.

A primeira versão do modelo de interação espacial do uso do solo, foi proposta por Joana Gonçalves e Tomaz Dentinho em 2007, do Grupo de Desenvolvimento Regional Sustentável - GDRS da Universidade dos Açores, onde foi realizado um primeiro ensaio sobre a evolução histórica do uso do solo na ilha do Corvo, recorrendo a esta metodologia. A partir de então, sucederam-se diversos investigadores no GDRS, que ao longo dos anos, colaboraram e contribuíram para o desenvolvimento do modelo de interação espacial do uso do solo, tendo sido introduzidas melhorias em termos teóricos, de cálculo, ilustração modelação geográfica e níveis de abrangência do modelo. O modelo evoluiu desde uma folha de cálculo *Microsoft Excel* em ambiente *Windows* (Gonçalves & Dentinho, 2007; Silveira & Dentinho, 2010) para uma plataforma de cálculo integrada desenvolvida em *MatLab* 2013 e que será apresentada mais à frente.

Nas várias fases do desenvolvimento deste modelo, procurou-se que o equilíbrio entre a procura e a oferta fosse feito através da calibração de rendas (*bid-rents*) de cada local, permitindo desta forma a transformação de um modelo geográfico para um modelo económico de equilíbrio parcial com a procura e a oferta do solo equilibrados pelas *bid-rents* calibradas.

5.1.1 – APRESENTAÇÃO

Neste capítulo, é feita uma breve descrição sobre a teoria da base económica, onde assenta um dos pressupostos do SIMLU. É descrita a formulação teórica do SIMLU assim como a aplicação informática desenvolvida em Matlab. Os *outputs* provenientes da modelação do SIMLU, permitem a sua modelação geográfica em SIG (denominada de SIMLUC) e a consequente a produção de cartas de ocupação do uso do solo, de *bid-rents*, de fluxos residência vs emprego e população vs serviços, que nos permitem uma modelação geográfica de cenários de alteração dos padrões do uso do solo.

5.2 – TEORIA DA BASE ECONÓMICA

A teoria da base económica ou modelo da base como também é conhecido, foi desenvolvida inicialmente como um instrumento de análise dos efeitos de um acréscimo exógeno e autónomo da procura sobre o nível de atividade económica de uma região. Esta teoria atribui às atividades básicas (relacionadas com a exportação) um papel estratégico e propulsor do desenvolvimento regional e local (Hoyt, 1939; North, 1955; Tiebout, 1956).

A teoria da base económica assume que o volume de produção e de emprego de uma determinada região, depende das suas atividades económicas direcionadas para o setor exportador, que induzem mecanismos de interdependência na produção e no consumo, no crescimento do emprego, do rendimento das atividades consideradas não básicas (setores de atividade relacionados com a satisfação das necessidades de consumo da população, como por exemplo o comércio local).

De acordo com Costa *et al.*, (2011), a hipótese central do modelo da base, é que as atividades básicas constituem a chave do crescimento regional, contribuindo a expansão do setor básico para acelerar o crescimento do setor não básico e por conseguinte, da economia regional no seu todo.

Este modelo evidencia a importância dos fatores exógenos relacionado com o lado da procura na explicação do crescimento regional, onde a taxa de crescimento do produto regional é determinada pela taxa de crescimento das exportações da região.

Assim sendo, setor básico (exógeno) compreende o conjunto de atividades produtoras de bens e de serviços que se destinam a satisfazer as necessidades externas da região. Por outro lado, o setor não básico (endógeno) agrega as atividades cuja função é produzir bens e serviços destinados a satisfazer a procura interna da região, designadamente a da população que reside numa determinada região e as atividades complementares do setor exportador.

A teoria da base económica fornece uma metodologia simples de análise de crescimento regional, particularmente útil quando existe uma forte restrição de dados. No entanto, apresenta algumas limitações, como por exemplo a sensibilidade no cálculo dos empregos básicos e empregos não básicos. O modelo ignora a estrutura setorial do setor básico e como tal, não é tida em consideração o fato da capacidade de indução do crescimento depender do tipo de atividades que estão agregadas no setor básico.

Outra das possíveis limitações deste modelo é o fato de o multiplicador da base ter subjacente a hipótese de que a relação entre o emprego básico e o emprego não básico total é sempre estável. Além disso, os setores são pouco desagregados.

Para Costa *et al.*, (2011), a maior limitação deste modelo, consiste no fato de o crescimento regional ser determinado exclusivamente pelas atividades exportadoras, o que conduz a que se ignorem a importância dos fatores endógenos. O crescimento é totalmente determinado pelo lado da procura, não sendo levado em linha de conta o lado da oferta que muitas vezes tem um papel dinamizador no crescimento.

Ainda que a teoria da base considere que as economias regionais funcionem como economias abertas, as relações inter-regionais são concebidas de forma muito agregadas, relacionando a economia de uma região face ao resto da economia.

5.3 – FORMULAÇÃO DO SIMLU

Ao contrário dos primeiros trabalhos de Walter Isard que na década de 1960 utilizou o rendimento como medida de massa para determinadas regiões dos EUA e posteriormente o Produto Interno Bruto (PIB), para além das distâncias entre países nos seus fluxos comerciais bilaterais, o SIMLU internaliza a teoria da base económica (Hoyt, 1939;

North, 1955; Tiebout, 1956) onde as exportações (atividades básicas) assumem-se como o fator determinante do crescimento económico, determinando não só a sua dimensão como também os padrões de ocupação local do território.

Deste modo o emprego básico refere-se ao emprego gerado nos setores exportadores das zonas em estudo, enquanto o emprego não básico se refere ao emprego gerado na produção de bens e serviços à população local.

O SIMLU, assume que a residência e cada tipo de atividade, gera padrões de ocupação do uso do solo assentes em coeficientes específicos, de produtividade e de consumo ao mesmo tempo que o equilíbrio entre a procura e a oferta é conseguido por uma hierarquização dessas mesmas atividades consideradas.

O SIMLU, parte da hipótese básica dos modelos gravitacionais, descritos anteriormente, em que a interação espacial T_{ij} entre duas entidades está diretamente relacionada com os atributos da origem A_i e do destino B_j e indiretamente relacionada com a distância d_{ij} que as separa (Haynes & Fotheringham, 1984).

A população residente de cada zona, depende do emprego total (emprego básico e emprego não básico) dos vários setores de atividade económica que é estabelecido em todas as restantes zonas.

Assim sendo, temos:

$$T_{j(ikl)} = E_{ilk} \frac{r W_{jl} Aa_{jl} e^{(-\alpha d_{ijl})}}{\sum_j W_{jl} Aa_{jl} e^{(-\alpha d_{ijl})}} \quad (1)$$

Para todas as atividades k na classe de solo l da zona i , e

$$P_j = \sum_{ikl} T_{j(ikl)} \quad (2)$$

Onde P_j é a população residente da zona j e que depende da atividade k na classe de solo l da zona i . Por seu lado, r é o inverso da taxa de atividade²⁵, W_{jl} é a atratividade residencial na zona residencial j , Aa_{jl} é a área disponível da classe de solo l na zona j , α é o parâmetro que define a fricção produzida pela distância percorrida entre os

²⁵ Número de ativos por cada cem habitantes. Esta taxa permite definir o peso da população ativa sobre a população total de uma determinada zona de estudo.

trabalhadores (*commuters*); d_{ijl} é a distância média entre as zonas i e j onde se localizam as diferentes classes de solo l .

Além do mais, todos os serviços gerados num determinado sector numa zona, são também utilizados pelas populações que vivem nas áreas adjacentes:

$$S_{i(jkl)} = P_i \frac{s_k V_{il} Aa_{il} e^{(-\beta_k d_{ijl})}}{\sum_i [s_k V_{il} e^{(-\beta_k d_{ijl})}]} \quad (3)$$

Sendo E_{jlk} é o emprego do sector de atividade k em cada classe de solo l na zona j , temos:

$$E_{jlk} = \sum_i S_{i(jkl)} \quad (4)$$

Onde $S_{i(jkl)}$ é a atividade gerada no sector k da classe de solo l na zona j que serve a população na zona i ; V_{il} é a atratividade dos serviços da classe l na zona i ; Aa_{il} é a área disponível da classe l na zona i ; β_k é o parâmetro calibrado que define o atrito produzido pela distância percorrida pela população na procura do serviço do sector de atividade k ; s_k é a taxa de serviço do sector de atividade k que é dada pelo rácio entre o emprego não básico do sector de atividade k e a população total:

$$s_k = \rho_k \left(\frac{\theta_k}{\mu_k} \right) \quad (5)$$

Onde ρ_k é o quociente entre o consumo da atividade k e a população, θ_k é o emprego por hectare do sector de atividade k e μ_k é a produção por hectare desse mesmo sector de atividade k .

As variáveis endógenas P_j e E_{jlk} podem ser obtidas através da variável exógena emprego básico (Eb_{jkl}), utilizando para tal a matriz $[A]$ que nos é dada através da equação 8, da matriz $[B]$ representada pela equação 9 e por uma matriz identidade I .

Assim temos:

$$E_{jkl} = \{I - [A][B]\}^{-1} [Eb_{jkl}] \quad (6)$$

$$P_j = \{I - [A][B]\}^{-1} [Eb_{jkl}] [A] \quad (7)$$

Onde:

$$[A] = \frac{r W_{jl} A_{ajl} e^{(-\alpha d_{ijl})}}{\sum_j W_{jl} A_{ajl} e^{(-\alpha d_{ijl})}} \quad (8)$$

e

$$[B] = \frac{s_k V_{il} A_{a_{il}} e^{(-\beta_k d_{lij})}}{\sum_i [s_k V_{il} e^{(-\beta_k d_{lij})}]} \quad (9)$$

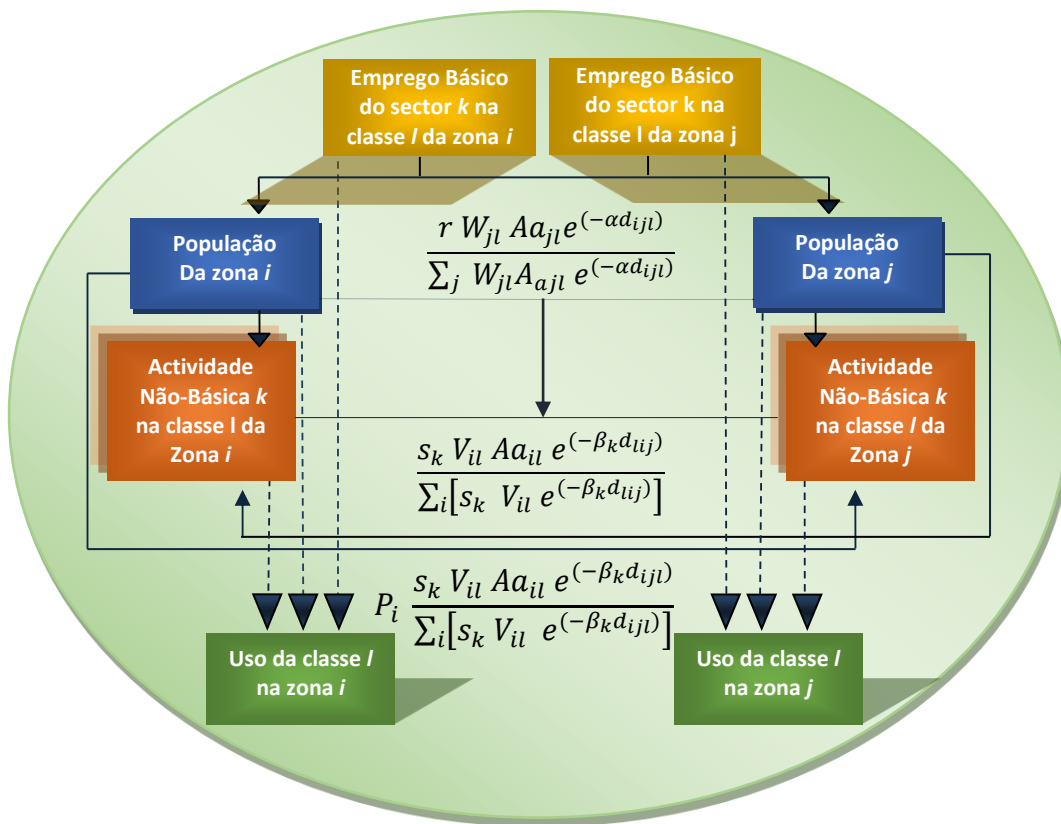


Figura 8 – Estrutura do SIMLU

A Figura 8 ilustra a estrutura dos SIMLU definida nas equações de (1) a (9) que assenta em três blocos inter-relacionados.

Em primeiro lugar, está o sistema económico que integra as exportações num mercado aberto e global. Em segundo lugar está o sistema económico externo, que descreve as relações entre as exigências locais e as várias atividades. Por último, o terceiro bloco foca-se na alocação dos recursos (neste caso o solo), cruciais para a análise e sustentabilidade de todo o sistema.

5.4 – CALIBRAÇÃO DO SIMLU

De forma a garantir que as variáveis utilizadas pelo modelo traduzam uma aproximação real dos processos económicos e ambientais que condicionam a ocupação do solo nas zonas de estudo, é necessário proceder à calibração de certos parâmetros que permitem a estabilidade do modelo e que lhe permite manter uma consistência teórica.

Deste modo, o parâmetro α é calibrado de modo a que o custo médio residência-emprego estimado (CE_e) seja semelhante ao custo médio residência-emprego verificado na realidade (CR_e). Os parâmetros β_k . São calibrados de forma semelhante ao anterior, de forma que o custo médio para a população-serviços ($CE_{s(k)}$) do serviço do sector de atividade k seja semelhante custo médio população-serviços ($CR_{s(k)}$) verificado na realidade. Os custos não são quantificados por nenhuma unidade monetária, mas sim, relativos à distância média percorrida (km) por um trabalhador para o seu local de trabalho (residência-emprego) ou por uma pessoa na aquisição de bens ou serviços (população-serviços).

As interações que são realizadas para os parâmetros α e β_k , são calibradas de acordo com o método de Hyman (Hyman, 1969), onde para um hipotético parâmetro γ , numa iteração x :

$$\gamma_{x+1} = \frac{[(CR - CE(\gamma_{x-1})) \cdot \gamma_x - (CR - CE(\gamma_x)) \cdot \gamma_{x-1}]}{[CE(\gamma_k) - CE(\gamma_{k-1})]} \quad (10)$$

Onde CR são os custos médios reais e CE são os custos médios estimados, calibrados com o mesmo processo utilizado por Borba & Dentinho (2016) para a calibração das *bid-rents* num modelo de interação espacial como estimativas de preços hedónicos no valor real da habitação.

Á semelhança do que encontramos em outros modelos de ocupação do uso do solo existem restrições espaciais que têm de ser cumpridas e que tiveram que ser implementadas na equação (10).

Neste caso, a área ocupada pelo emprego total em cada sector de atividade (E_{ilk}) assim como a área residencial P_j , não pode exceder a área total disponível Aa_{il} em cada zona i e em cada classe de solo l . Esta restrição é expressa pela equação (11).

$$[\rho P_j] + \sum_{ik} [\sigma_k E_{ikl}] \leq A_{il} \quad (11)$$

Para todas as classes l com áreas de aptidão do setor de atividade k representadas por uma variável binária 0-1 de todas as zonas i .

Onde σ_k é a área (hectares) utilizada por um emprego no sector de atividade k , e ρ é a área média ocupada por cada residente.

Uma vez que existem determinadas classes de solo l que são comuns a diferentes usos dos diferentes sectores de atividade k , o modelo internaliza uma aproximação do que se verifica em termos reais, ou seja, cada sector de atividade k compete por determinada classe l numa determinada zona i . Para garantir as atratividades V_{il} geradas por cada classe de solo l numa zona i , é necessário proceder um processo de calibração que assegure as condições estabelecidas pela equação (11). Para tal, utiliza-se um processo de calibração iterativo V_{il} onde são calibradas as atratividades, em que cada entidade age sobre a outra e vice-versa conforme se apresenta na equação (12).

$$(q + 1)V_{il} = \frac{1}{[1 + e^{(-\theta\{\delta_q + \delta_{q-1}\})}]} \quad (12)$$

Onde, $\delta_q = \{\sum_k[\sigma_{kq}S_{(ilk)}] + (\rho P_j) + \sum_{ilk}[\sigma_k Eb_{ilk}] - Aa_{il}\}$ para cada interação q ; e θ é o parâmetro que controla a calibração do processo. A calibração do processo V_{il} termina a utilização de cada classe de uso do solo l em cada zona i não excedendo a área disponível Aa_{il} .

5.4.1 – RENDAS (BID-RENTS)

A calibração das atratividades para cada classe de solo l na zona j pode ser interpretado como um valor indicativo duma renda (*bid-rents*) ω_{jl} (Equação 13). Deste modo, as *bid-rents* podem ser interpretadas como restrições de multiplicadores Lagrangianos que permitem o equilíbrio dos modelos espaciais (Roy *et al.*, 2004; Hurtubia, 2011), sendo diretamente proporcional às atratividades e complementar aos custos de transporte, onde podemos assumir que:

$$\omega_{jl} = -\ln\left(\frac{1}{W_{jl}}\right) \quad (13)$$

5.5 – SIMLU - DESENVOLVIMENTO DA INTERFACE GRÁFICA E INPUTS

De forma a facilitar e aumentar a capacidade de cálculo, foi desenvolvido em MatLab 2013 uma aplicação com interface gráfica que permite uma maior e melhor operabilidade do SIMLU.

Nos primeiros ensaios realizados com o SIMLU, o número de zonas e a calibração dos custos, estavam limitados à capacidade de cálculo do Microsoft Excel. Ao integrar o SIMLU numa plataforma MatLab, a capacidade de cálculo torna-se quase ilimitada, permitindo criar uma interface gráfica para utilizadores menos experientes e menos familiarizados com o modelo inicial.

Deste modo, serão apresentadas as funcionalidades do SIMLU desenvolvidas no grupo de trabalho GDRS da Universidade dos Açores.

A aplicação SIMLU V2.0 é a primeira versão do modelo de interação espacial com o uso do solo, utilizado neste trabalho de doutoramento para o caso de estudo da ilha Terceira.

Trata-se duma aplicação autónoma desenvolvida em MatLab 2013 e que pode ser instalada em sistemas operativos Windows (32 bits ou 64 bits), Linux ou Mac ainda que apenas tenha sido testada no primeiro.

Ainda que todo o tratamento dos dados seja efetuado na aplicação, os *inputs* e os *outputs* do modelo são disponibilizados em ficheiros, **.mat* (nativos do MatLab 2013) e **.xlsx* (nativos do Microsoft Excel 2013-2016), cabendo ao utilizador escolher qual dos dois tipos de ficheiros pretende trabalhar.

O SIMLU dá a possibilidade ao utilizador de aceder a várias ferramentas de cálculo, permitindo ainda observar na interface gráfica a evolução de vários parâmetros durante os processos de simulação e calibração.

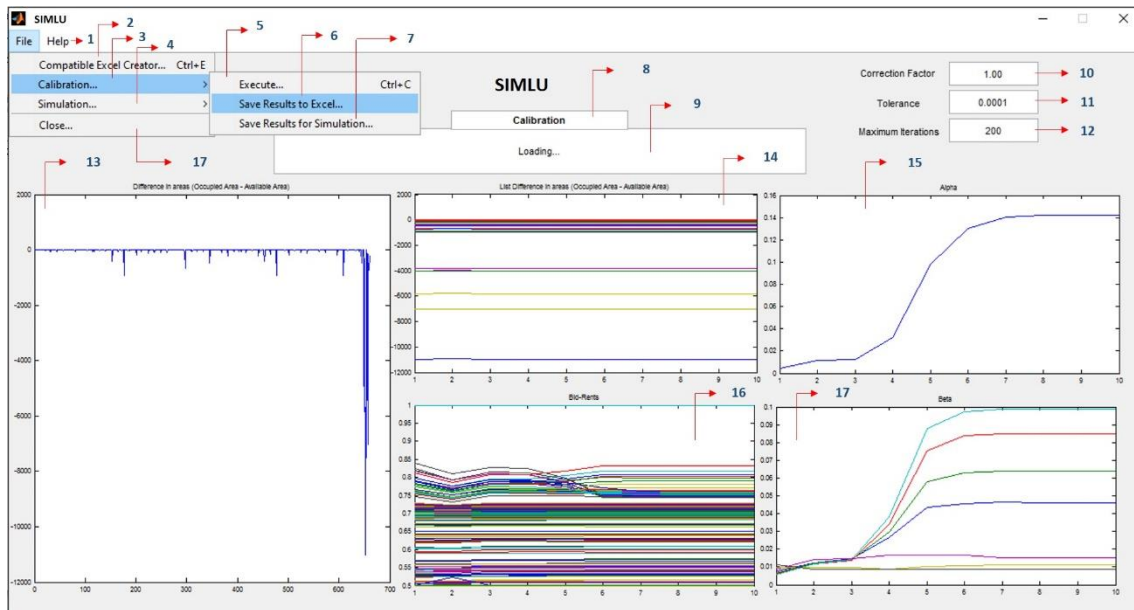


Figura 9 - Aspeto da interface gráfica do SIMLU V2.0 durante um processo de calibração.

Foram desenvolvidos dois menus com diversas opções, ilustrados na Figura 9 (identificados de 1 a 17) com as seguintes características:

No primeiro menu (*File*) encontram-se todas as funcionalidades de cálculo desenvolvidas.

(2) O submenu *Compatible Excel Creator* cria um ficheiro em formato **.xlsx* com 12 folhas de cálculo onde é definida toda a estrutura da base de dados (*inputs*) que será utilizada durante o processo de cálculo do modelo (Figura 10).

Figura 10 – Caixa de diálogo onde são definidas numericamente as três componentes base do modelo: zonas, atividades e classes.

O ficheiro completo com as 11 folhas de cálculo, onde a folha de cálculo “*Nomination*” apresenta as 55 zonas definidas para o caso de estudo da ilha Terceira definidas numericamente. No caso de o utilizador pretender atribuir a cada zona uma nomenclatura em formato de texto (de forma a facilitar a identificação da zona), pode fazê-lo assim como para cada tipo de atividade. As classes devem ser mantidas em formato numérico.

A folha de cálculo “*Population*” apresenta todas as zonas e é preenchida com a população real de cada zona de estudo, com os dados disponíveis para o período temporal que se pretende calibrar o modelo.

A folha de cálculo “*Available_Area*” é preenchida em formato linhas por colunas com a área disponível para cada zona e para cada classe.

A folha de cálculo “*Coefficients*” permite a entrada em formato de linha do coeficiente de ocupação (de cada residente por cada zona considerada) e do coeficiente de ocupação (de cada emprego por sector de atividade), sendo a unidade pré-definida para cada um dos casos o hectare.

A folha “*S*” permite a entrada das taxas de serviços (S_k) sob duas formas distintas. Podem ser calculados previamente, e então é introduzida a taxa de serviços de cada atividade *per si*, ou de forma automática preenchendo a taxa de serviços total, que define a relação entre o emprego não básico e a população total.

Por outro lado, o utilizador pode introduzir os dados em formato de matriz para cada uma das atividades, nomeadamente consumo, área, produção ou emprego. Automaticamente é gerado as variáveis que definem a taxa de atividade, consumo per capita por setor de atividade, produtividade por setor de atividade e emprego por setor de atividade.

A folha de cálculo “*R*” é preenchida com inverso da taxa de atividade, que é dada pela razão entre o emprego total e a população total da área de estudo. Estes valores são introduzidos sempre de forma separada e nunca de forma direta como acontece para a taxa de atividade, uma vez que durante o processo de tratamento dos dados no SIMLU V2.0, cada uma das células é lida separadamente.

A folha de cálculo “*Basic_Emploiment*” destina-se à introdução do emprego básico, por classe e setor de atividade. Pelo fato de se tratar duma base de dados que pode ser extensiva (de acordo com o número de zonas definidas), foram automatizadas algumas rotinas de formas a minimizar possíveis erros. A primeira linha apresenta uma célula “*EBasic_Left*” que indica se o número de empregos básicos está de acordo com os dados. No caso de existirem empregos básicos em excesso, a célula apresenta uma cor verde e indica o número de empregos que é necessário retirar. Por outro lado, se existir um défice de empregos, esta célula apresenta uma cor vermelha indicando também ela os empregos em falta.

Ao mesmo tempo, são geradas colunas com um cabeçalho intitulado *footprints* para cada zona, classe e setor de atividade, onde é feito o cálculo automático entre o emprego e o coeficiente de ocupação. À semelhança do que acontece na distribuição do emprego básico, também é gerado de forma automática uma coluna com o somatório total das áreas ocupadas. Sempre que a área ocupada é menor que a área disponível a célula apresenta uma cor vermelha com o valor em hectares que se encontra em excesso, permitindo desde logo um reajuste na distribuição de empregos básicos. Quando as células apresentam uma cor verde, indica ao utilizador que existe área suficiente.

Pela possibilidade de existirem um elevado número de áreas, foi desenvolvida para a matriz do emprego básico um *background* com diferentes cores que são geradas de forma automática, facilitando as operações de distribuição do emprego para cada zona.

Na folha de cálculo “*Urban_Suitability*” é gerada uma matriz binária onde são definidas qual ou quais as classes com aptidão urbana, ou seja, em que classes serão distribuídas a população por sua zona de residência. O valor zero não tem aptidão e o valor 1 tem aptidão.

Na folha de cálculo “*Activity_Suitability*” é definida também uma matriz binária, onde apresenta a aptidão a determinada atividade por setor de atividade e por classe. À semelhança do que acontece na folha de cálculo “*Urban_Suitability*” o valor zero não tem aptidão para determinado setor e o valor 1 tem aptidão para esse mesmo setor. Esta matriz é fundamental, pois em determinadas atividades, sobretudo no meio rural existe competição por classes entre cada atividade.

A folha de cálculo “*Real_Costs*” é preenchida com duas entradas: o valor real da distância média que um trabalhador percorre até ao seu local de trabalho e outra entrada, para a distância média que a população total percorre para aceder a cada serviço do setor de atividade considerado. No caso de estudo da ilha Terceira, a unidade utilizada foi quilómetros, no entanto pode ser utilizada em minutos. São estes dados que permitem a calibração dos parâmetros α e β_k que são referidos na descrição do modelo.

Finalmente, a última folha de cálculo “*Distance_Matrix*” refere-se a uma matriz quadrada $Z_1 \times Z_n$ onde é introduzida a distância média entre cada zona. De salientar que o preenchimento desta matriz tem que ser de acordo com o mesmo sistema de unidades utilizados na folha de cálculo “*Real_Costs*”.

- (3) O submenu “*Calibration*” permite aceder a três comandos, *Execute* (5), *Save Results to Excel* (6) e *Save Results for Simulation* (7), destinando-se à calibração do SIMLU.
- (4) O submenu “*Simulation*” permite aceder às mesmas funções do submenu (3), no entanto o processamento dos dados é feito em modo de simulação com os parâmetros calibrados no processo anterior.
- (5) O comando “*Execute*” dá ordem para se iniciar o processo de calibração do modelo depois das caixas de diálogo (10), (11) e (12) estarem devidamente preenchidas.
- (6) Este comando fica disponível depois da calibração do SIMLU V2.0, onde os dados gerados pelo modelo (*outputs*) são gravados em formato **xlsx*.
- (7) Este comando permite gravar os dados em formato **.mat*, caso o utilizador pretenda trabalhar os *outputs* em MatLab 2013-2016, ao contrário do comando (6) em que o utilizador tem que processar os *outputs* numa versão Excel 2013-2016.
- (8) Caixa de diálogo que indica qual o comando que está a ser executado durante o processamento dos dados por parte do SIMLU V2.0.
- (9) Caixa de diálogo que indica o estado do processo do comando a executar.
- (10) Caixa de diálogo que permite ao utilizador modificar o acerto do fator de correção do modelo. Esta opção apresenta por defeito o valor 1, calibrado para uma área de cerca de 400 km² que é a dimensão da ilha Terceira. No entanto, para zonas consideravelmente maiores, o fator de correção que funciona para acerto das áreas ocupadas face às áreas disponíveis, pode ser gradualmente superior e de forma inversa para zonas de estudo com áreas consideravelmente inferiores. Este valor influencia diretamente as *bid-rents*, mas de forma escalar.
- (11) Caixa de diálogo que permite ao utilizador definir a tolerância na calibração dos parâmetros α e β_k , ou seja, dos custos médios estimados face aos custos médios reais.
- (12) Caixa de diálogo que define o máximo de iterações que o utilizador pretende submeter o SIMLU V2.0. A calibração do modelo termina de forma automática, quando os custos estimados pelo modelo e os custos reais verificados convergem para o valor da tolerância indicado. O tempo de calibração destes parâmetros depende das características de cada computador e variam no seu número de iterações. Para os valores testados, o modelo convergiu numa média de 12-16 iterações, existindo testes que ultrapassaram as

200 iterações e que levam algumas horas a processar, levando a acertos no fator de correção e no valor da tolerância.

(13) Gráfico que apresenta a diferença entre a área disponível total e a área ocupada total em cada classe. Há semelhança das restantes representações gráficas que ainda serão apresentadas, é possível observar a evolução gráfica em cada iteração.

(14) Gráfico que apresenta a diferença entre as áreas disponíveis e as áreas ocupadas por cada zona e cada setor de atividade ao longo de cada iteração.

(15) Gráfico que apresenta a evolução do parâmetro α ao longo de cada iteração.

(16) Gráfico que apresenta a evolução da variação das *bid-rents* por zona, classe e setor de atividade ao longo de cada iteração.

(17) Gráfico que apresenta a evolução dos parâmetros β_k para cada setor de atividade ao longo de cada iteração.

Por fim o SIMLU V2.0, apresenta um menu “Close” que não se encontra numerado na Figura 9, que tem a finalidade de encerrar a aplicação e voltar para o ambiente de trabalho do sistema operativo.

5.6 – DESENVOLVIMENTO DA INTERFACE GRÁFICA E OUTPUTS

Tal como já foi descrito anteriormente, os *outputs* do Modelo podem ser exportados em formato **xlsx* ou **.mat*. Neste trabalho, todos os resultados foram trabalhados em Excel, pelos que todas as exportações foram realizadas na primeira extensão descrita anteriormente. A formatação dos resultados disponibilizados pelo modelo, são de extrema importância para uma boa interpretação e análise dos mesmos. Desta forma, a partir do Matlab 2013 foi definida a estrutura do ficheiro **.xlsx* organizada em diferentes folhas de cálculo que permitem uma melhor organização dos resultados, de forma a analisar e exportar para outros formatos (nomeadamente **.dbf* para ArcMap 10.2) que possibilitam a apresentação dos resultados em tabelas, gráficos ou mapas.

O ficheiro completo é composto por 6 folhas de cálculo, no qual, de forma resumida se passa a explicar a sua estrutura:

A folha de cálculo “*Areas_BidRents*” apresenta uma tabela por zona e classe com a área disponível inicial, a área ocupada pelo emprego, a diferença entre a área disponível e a área ocupada, as atratividades e as *bid-rents*.

A folha de cálculo “*Employment_Population*” apresenta os dados relativos ao emprego total gerado sob a forma de tabela, por setor de atividade, zona e classe. Resume ainda os dados ao emprego total e da população estimada, também em formato de tabela por zona e classe.

A folha de cálculo “*Alpha_Beta*” apresenta em formato de tabela os valores relativos a cada iteração dos parâmetros α e β_k .

A folha de cálculo “*Costs*” apresenta os valores comparativos entre o custo real residência emprego e o custo real população serviços face aos valores estimados e que estão na origem na calibração dos parâmetros α e β_k .

A folha de cálculo “*Matrix_Residente_Employment*”, disponibiliza uma matriz quadrada $Z_n \times Z_n$ da distribuição do emprego por cada zona de estudo considerada face à zona de residência da população empregada.

Por fim, a folha de cálculo “*Matriz_Population_Services*” apresenta também uma matriz quadrada $Z_n \times Z_n$, mas referente à distribuição da população face aos serviços que correspondem aos setores de atividade considerados no modelo.

A Tabela 6 apresenta os dados utilizados para um processo de calibração de parâmetros no SIMLU V2.0 (*inputs* do modelo) face a um cenário de referência e dos dados de saída do modelo (*outputs*), utilizados para análise dos resultados obtidos.

Tabela 6 – Dados do SIMLU V2.0

<i>Inputs</i>	<i>Outputs</i>
- emprego básico (por zona, classe e setor de atividade);	- área ocupada (zona, classe, setor de atividade);
- área disponível (zona e classe);	- <i>bid-rent</i> (zona, classe, setor de atividade);
- coeficiente de residência (área média ocupada na residência por uma pessoa em cada zona);	- emprego estimado (zona, classe e setor de atividade);
- coeficiente de emprego (área média ocupada por um trabalhador em cada setor de atividade);	- população estimada (zona e classe);
- taxa de serviços por setor de atividade;	- matriz residência emprego (zonas);
- inverso da taxa de atividade;	- matriz população serviços (zonas);
- matriz binária de aptidão urbana (por classe de aptidão);	
- matriz binária de aptidão (classe de atividade);	
- custo médio residência-emprego;	
- custo médio população serviços (setor de atividade);	
- matriz distância (por zonas).	

Processo de Calibração

A formulação do processo de calibração foi apresentada no ponto 3.4, resultando do processo iterativo da equação (12). A aplicação SIMLU V2.0, quando executada,

possibilita o acompanhamento e monitorização da evolução de todo o processo. A calibração termina, quando se atinge o equilíbrio pretendido, ou seja, quando os custos estimados pelo modelo se aproximam dos custos verificados na realidade. Ao mesmo tempo, são cumpridas restrições, também já aqui referidas, onde a distribuição dos empregos é feita por zona e por classe, de acordo com as respetivas aptidões de uso e sem ultrapassar a área disponível.

Validação do Modelo

A validação do modelo consiste em comparar os resultados obtidos com a realidade modelada. Uma vez que os *inputs* resultam de dados já existentes (como por exemplo o Recenseamento Geral da População), convém recorrer a outras fontes, sempre que possível, para a validação dos resultados obtidos. Relativamente ao mapeamento dos resultados, no modelo geográfico (que será abordado mais á frente), é conveniente utilizar o mesmo processo, independentemente do processo matricial de validação utilizado.

Processo de Simulação

O processo de simulação é em tudo semelhante ao processo de calibração, com a exceção de que na calibração é utilizado um cenário de referência, para ajuste dos parâmetros do modelo à realidade simulada. Após essa calibração são gerados dois ficheiros, um ficheiro nativo do MatLab (*.mat) que contém os valores da calibração, nomeadamente o α e β_k e outro que pode ser em *.xls, com as alterações que pretendemos simular, como por exemplo uma nova redistribuição das áreas de aptidão que resultam de cenários climáticos (como de resto iremos ver mais à frente).

Na página seguinte, a **Erro! A origem da referência não foi encontrada.** ilustra o diagrama dos processos de calibração do SIMLU V2.0, enquanto a Figura 12 ilustra o diagrama inerente ao processo de simulação do SIMLU V2.0.

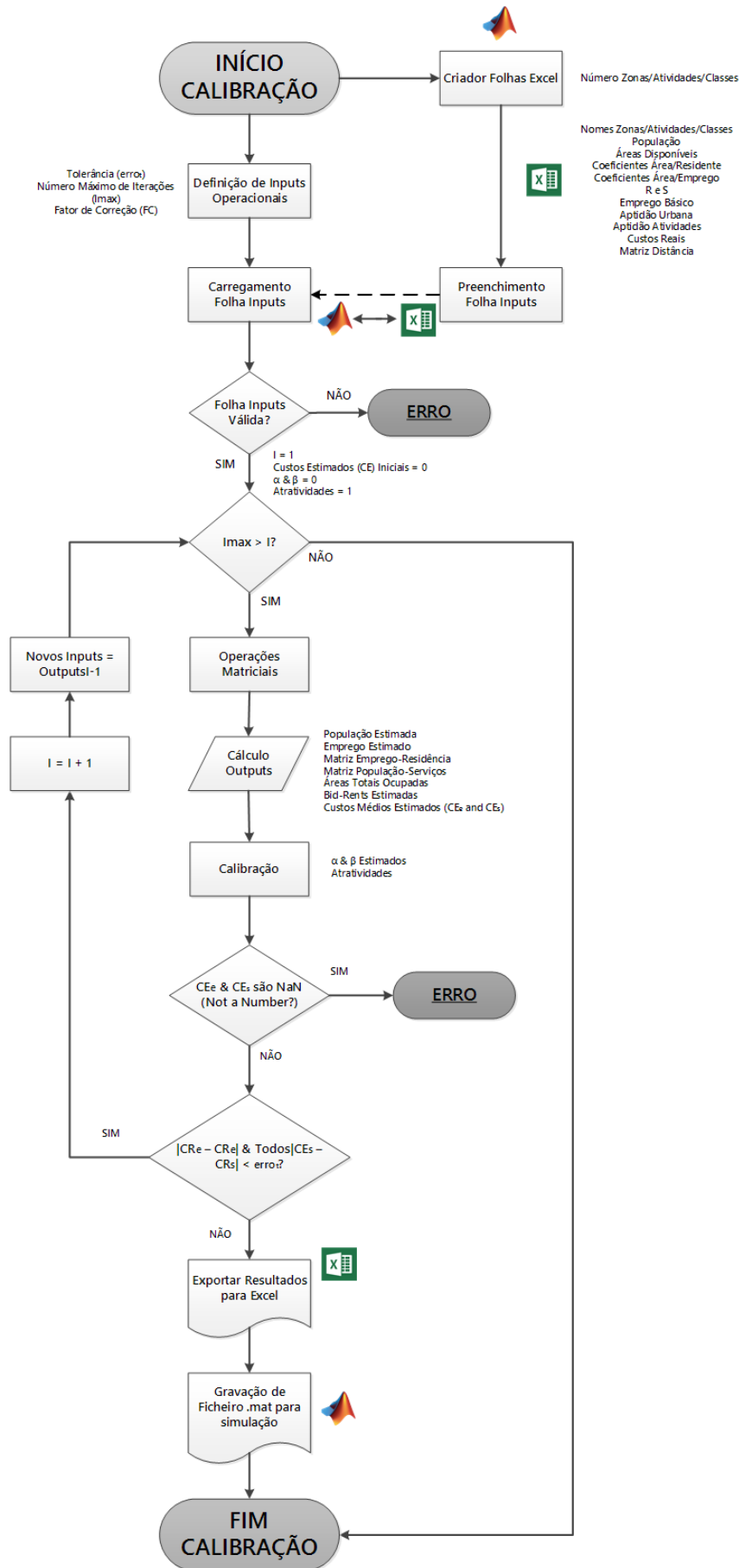


Figura 11 – Diagrama do processo de calibração do SIMLU V2.0

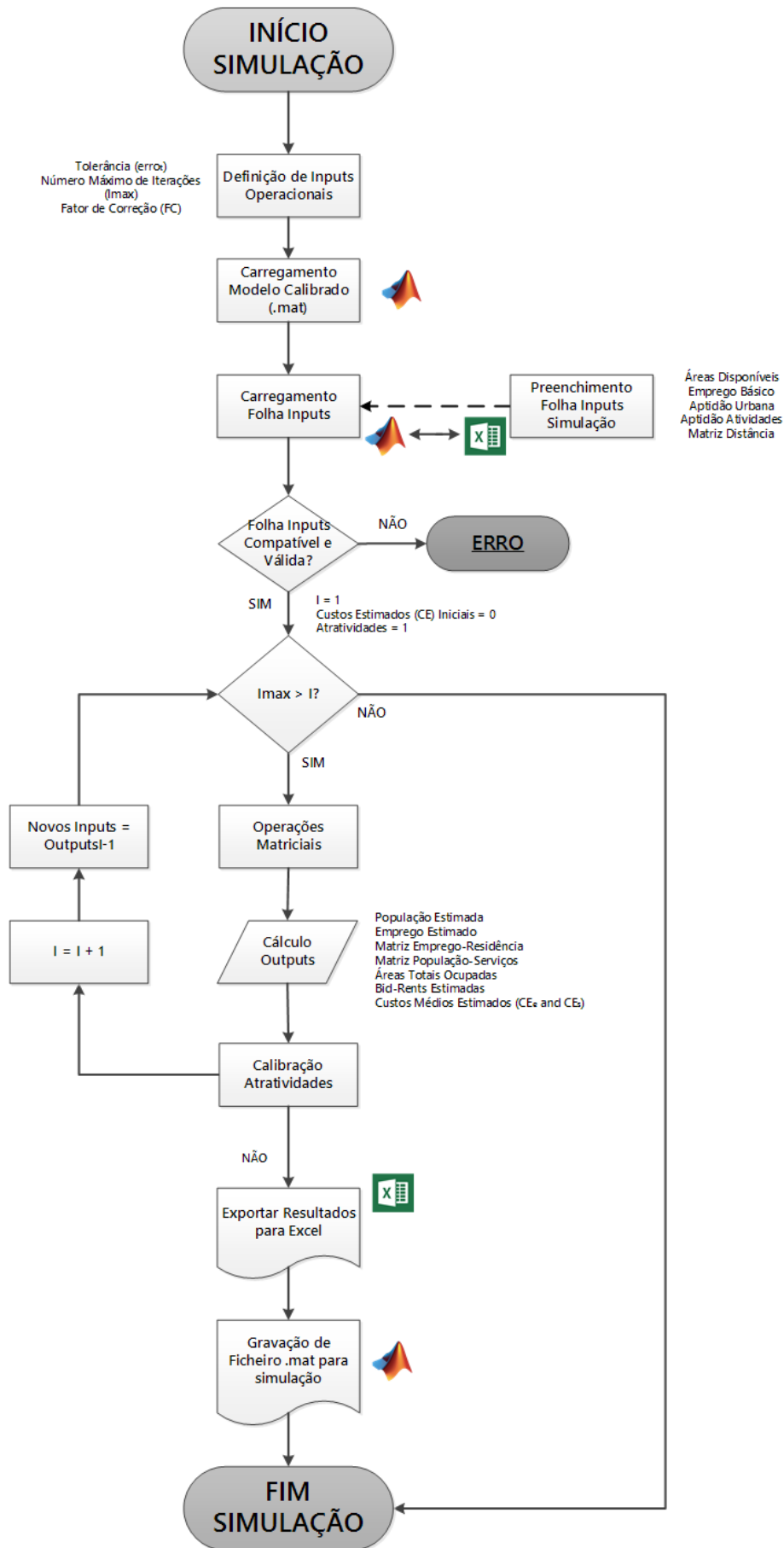


Figura 12 Diagrama do processo de simulação do SIMLU V2.0

5.7. – LIMITAÇÕES

Há semelhança de outros modelos abordados na literatura, também o SIMLU apresenta limitações em vários aspetos. A começar pelos *inputs* relacionados com a aptidão do uso do solo, que resultam da simplificação dos fatores que induzem a aptidão do território aos diferentes tipos de atividades. Ainda que se tenha feito um esforço por identificar as principais culturas com maior expressão, para cada caso de estudo, a simplificação das variáveis poderá levar a um enviesamento dos resultados, sendo negligenciadas por vezes determinadas culturas, que podem ter um impacto maior que o esperado.

O SIMLU apresenta outras limitações inerentes não só aos modelos geográficos, como também aos modelos económicos de equilíbrio parcial. O fato do modelo se fundamentar na teoria da base económica, faz com que o modelo agregue em poucos setores de atividade todo o sistema económico da região e ao mesmo tempo esteja dependente dos fatores exógenos, nomeadamente o emprego básico. Além do mais, o emprego não básico é assumido de forma endógena, sendo negligenciado o efeito de dinamismo do sector não básico.

Outra limitação do modelo prende-se com o fato da tecnologia ser assumida como estática, assim como os fatores de comportamentos e de tomada de decisão. De resto, trata-se duma limitação comum a praticamente todos os modelos de avaliação integrada, uma vez que não existem modelos de simulação comportamentais e regulatórios para longos períodos de análise.

Além disso, temos as limitações básicas e comuns dos modelos económicos, como as premissas inadequadas, a intratabilidade matemática, a tendência ao equilíbrio e a interpretação dum modelo como “imagem” da atividade económica nem sempre traduzida em previsões ou conclusões assertivas.

Tabela 7 – Vantagens vs desvantagens da utilização do modelo de interação espacial de ocupação do território (SIMLU V1.0 e SIMLU V2.0)

	SIMLU V1.0 (Versão Excel 2010-2014)	SIMLU V2.0 (Aplicação em MatLab 2016)
Vantagens	<p>Fácil visualização de todas as variáveis, fórmulas e arquitetura do modelo, acessível a qualquer utilizador Excel;</p> <p>Possibilidade de implementar alguma alteração no modelo de forma direta sem necessidade de recorrer a programação.</p>	<p>Elevada capacidade de desagregação espacial, tornando quase ilimitado o número de zonas e classes a ser incluído no modelo;</p> <p>Iterações automáticas;</p> <p>Calibração dos parâmetros α e β_k recorrendo ao filtro de hyman (aceleramento do processo);</p> <p>Acompanhamento gráfico da evolução dos diferentes parâmetros do modelo;</p> <p>Organização detalhada e separada dos <i>outputs</i> do modelo</p>
Desvantagens	<p>Capacidade de cálculo limitada a número de linhas e colunas do Excel (no caso de estudo de Tahaddart, não foi possível delimitar mais que três zonas internas e um externa);</p> <p>Iterações feitas a partir dum script VBa e executadas manualmente;</p> <p>Calibração dos parâmetros α e β_k recorrendo a uma extensão do Excel (<i>Solver</i>) feita manualmente para cada parâmetro α e β_k, levando a que o processo seja bastante lento.</p> <p><i>Inputs</i> e <i>Outputs</i> na mesma folha de cálculo Excel, o que implica grande concentração na introdução dos dados e depois na sua extração;</p> <p>Obrigatoriedade da utilização duma versão do Excel 2012 ou mais recente que suporte scripts em <i>Visual Basic for Applications – Vba</i>.</p>	<p>Qualquer alteração do modelo tem que ser sempre feita através de código no MatLab</p> <p>Construção do modelo todo em código, o que torna difícil a detetar e corrigir erros na aplicação.</p> <p>Impossibilidade dum utilizador que não tenha conhecimentos em programação Matlab implementar uma nova rotina no modelo.</p>

A Tabela 7, compara as duas versões do SIMLU, analisando as vantagens e desvantagens de cada versão do modelo de interação espacial do uso do solo, utilizado e aplicado em diferentes períodos do seu desenvolvimento.

Cada uma das versões do SIMLU apresenta limitações e potencialidades, como de resto é natural em qualquer aplicação informática. No entanto o SIMLU V2.0 oferece outro tipo de soluções que anteriormente não estavam disponíveis, ainda que se trate dum modelo completamente em aberto para versões futuras.

5.8 - SIMLUC - MODELO DE INTERAÇÃO ESPACIAL DE ALTERAÇÃO DO USO DO SOLO

O modelo de interação espacial de alteração do uso do solo – SIMLUC (*Land Use Change Spatial Interaction Model*), não se trata propriamente de um modelo, mas sim de um quadro integrado dos modelos desenvolvidos que permitem analisar de forma integrada, a economia e o ambiente e a sua interação com o território. Ao mesmo tempo, permite-

nos por exemplo, realizar simulações para cenários futuros, com dados provenientes de cenários de alterações climáticas.

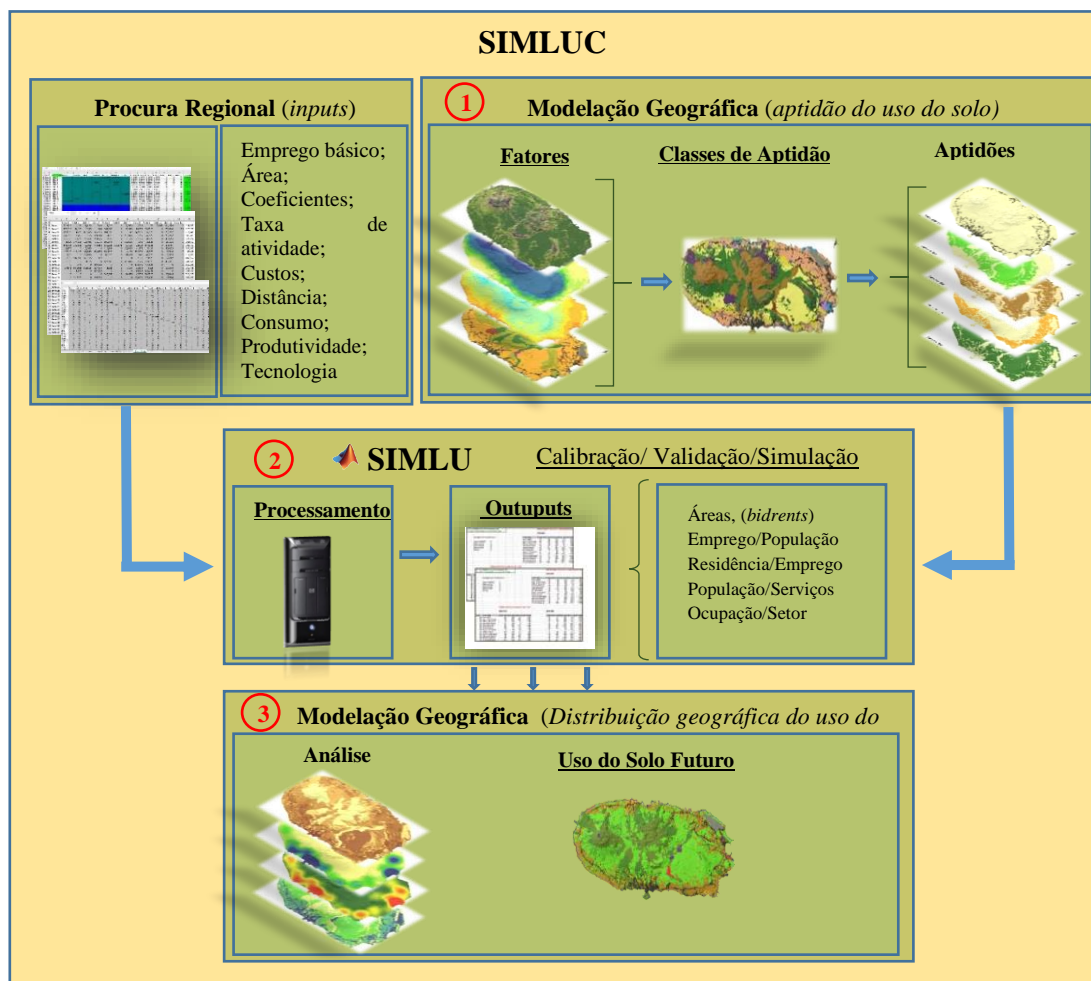


Figura 13 - Estrutura do quadro integrado do SIMLUC

Ao contrário do SIMLU, o SIMLUC por si só não é um modelo com linguagem própria. É composto por três modelos, que neste contexto podem ser interpretados como módulos ou ainda como submodelos do sistema SIMLUC, conforme ilustra a Figura 13.

O primeiro módulo (número 1 da Figura 13), refere-se ao modelo geográfico, de determinação das áreas de aptidão, que será abordado no capítulo 6 e que é responsável por uma parte significativa dos *inputs* do SIMLU.

O segundo módulo (identificado na Figura 13 com o número 2), refere-se ao SIMLU, visto em detalhe anteriormente, responsável pelo processamento de toda a informação e onde é calibrada e simulada a ocupação do solo para os cenários pretendidos. Dos seus *outputs*, resultam informações com diferentes características, que podem ser analisados de forma individual, ou integrados em matrizes de cálculo num terceiro módulo também ele geográfico (Figura 13, número 3), permitindo assim efetuar uma distribuição espacial:

do uso do solo; das *bid-rents*; da matriz população vs serviços e da matriz residência vs emprego.

5.9 – SÍNTESE

Os modelos de interação espacial integram uma abordagem geográfica implícita nos modelos de simulação com a consistência da metodologia presente nos modelos da gravidade de interação espacial, permitindo assim uma integração mais consistente, das interpretações geralmente presentes em modelos económicos espaciais (A. Fotheringham & O'Kelly, 1989; Gong *et al.*, 2015; Roy & Thill, 2004; Silveira & Dentinho, 2010)

O SIMLU assume o espaço heterogéneo, aptidões flexíveis, tipos de uso diversificados e distâncias não topológicas.

O equilíbrio entre a oferta e a procura do solo, é conseguido através de uma hierarquização das atividades consideradas, calibrando as rendas por zonas e por classes de uso do solo, que permite a transformação de uma abordagem geográfica inicial, numa abordagem de equilíbrio parcial.

Há semelhança dos modelos de equilíbrio parcial, também o SIMLU, assume uma estrutura *bottom-up/top-down*, no sentido em que os dados utilizados estão agregados a nível regional que depois são desagregados ao nível local.

Para os dois casos de estudo presentes neste trabalho, para a ilha Terceira e para Tahaddart, foi utilizado o mesmo modelo de interação espacial de ocupação do território, ainda que com desenvolvimentos diferentes, sendo que o SIMLU V2.0 (utilizado na ilha Terceira) resulta da evolução do primeiro modelo SIMLU V1.0 desenvolvido em Excel e com um nível de desagregação espacial muito inferior. No SIMLU V2.0, foram melhoradas e introduzidas novas técnicas de calibração como foi o caso do filtro de *Hyman*. Foi ainda desenvolvida, uma interface gráfica e foi aumentado amplamente a sua capacidade de cálculo.

Os módulos geográficos que integram o SIMLUC, só foram completamente operacionalizados na versão 2.0. e a sua primeira aplicação prática foi utilizada na simulação da ocupação do solo para cenários de alterações climáticas propostos pelo IPCC (2014) para a ilha Terceira e que será abordado no capítulo 8.

O fato destes modelos geográficos serem utilizados em SIG recorrendo ao *software* ARCMAP 10.2 com programação em *python*, leva a que os processos sejam lentos,

sobretudo no módulo 3, exigindo assim computadores com grande capacidade de cálculo, de acordo com a desagregação espacial e resolução das matrizes

CAPÍTULO 6

CLASSES DE APTIDÃO DO SOLO

6 – CLASSES DE APTIDÃO DO SOLO

6.1 – INTRODUÇÃO

No capítulo 3, para além das principais teorias de localização de diferentes atividades, foi abordada a base teórica que originou as classificações taxonómicas do solo desenvolvidas pela USDA e mais tarde as aptidões do uso do solo, que estão sobre a égide da FAO.

O desenvolvimento do SIMLU, parte do princípio que as áreas de aptidão para as diversas atividades a considerar não são exclusivas, mas que em muitos casos são comuns a duas, três ou mais atividades, originando conflito de interesses e originando pressão sobre essas áreas.

Nesse sentido, foi necessário desenvolver uma metodologia que permitisse uma determinação de áreas de aptidão para cada atividade, mas que ao mesmo tempo permitisse a sua flexibilização em função do uso de forma a ser possível utilizar o SIMLU em processos de simulação de diferentes cenários. Para tal, partiu-se dos primeiros ensaios de classes de uso do solo (Silveira, 2009) e desenvolveu-se uma metodologia simples e replicável para diferentes tipos de atividade em diferentes zonas, partindo de critérios de ocupação atual, declive e fatores edafoclimáticos.

Para cada caso de estudo, foram determinadas áreas de aptidão para as culturas com maior expressão em cada uma das zonas estudadas.

Para a bacia de Tahaddart e área adjacentes, foram determinadas aptidões do uso do solo para os principais setores de atividade: urbano, rural (*rural dwellers*²⁶), culturas de regadio, culturas de sequeiro, pastagem e floresta.

Para a ilha Terceira, as atividades com maior expressão económica a nível de produção local são: urbano, industrial, base militar das Lajes²⁷, hortifruticultura, agricultura, pastagem e floresta.

²⁶ O termo *rural dwellers* foi utilizado para as unidades de produção nos espaços rurais que agrupam parcelas de cultivo e residência numa única unidade. Tratam-se de sistemas de cultivo intensivo de âmbito familiar, sobretudo de hortícolas e leguminosas, envolvendo as residências funcionando na maioria das situações como hortas de autoconsumo, muito embora os agricultores comercializem parte da sua produção para as zonas urbanas nomeadamente a cidade de Tânger, Silveira *et al.* (2016).

²⁷ A base das Lajes, é uma base militar que integra a Força Aérea Portuguesa e a Força Aérea dos Estados Unidos da América. Através dos acordos bilaterais, esta unidade militar tem um papel fundamental na economia da ilha Terceira,

Para a determinação da aptidão a cada cultura nas duas regiões estudadas, desenvolveu-se um modelo geográfico em SIG, com a mesma linha de orientação da (FAO, 2002) do GAEZ 2.0 da *Global Agro-Ecological Zones* e que funciona no contexto geral deste trabalho, como um módulo ou submodelo do SIMLUC, proporcionando os *inputs* necessários que ajudam a alimentar a base de dados do SIMLU.

As variáveis edafoclimáticas utilizadas na determinação da aptidão para os diversos usos são: solos²⁸, declive (%), precipitação anual acumulada (mm), temperatura média anual (°C) e uma variável binária com presença ou ausência de infraestruturas relativas aos usos considerados.

Utilizou-se como ferramenta de análise e cálculo, para a determinação das áreas de aptidão, o *ArcGis 10.2*.

6.1.1 APRESENTAÇÃO

Neste capítulo, são determinadas as áreas de aptidão para as principais atividades consideradas para cada um dos casos de estudo que permitem depois elaborar as classes de aptidão do solo, de acordo com a metodologia apresentada.

6.2 - DETERMINAÇÃO DAS ÁREAS DE APTIDÃO DA BACIA DE TAHADDART E ÁREAS ADJACENTES

A primeira fase do trabalho, para a bacia de Tahaddart e áreas adjacentes, implicou a determinação de áreas com capacidade adequada a suportar cada um dos usos, que representam as principais atividades ligadas ao uso urbano e rural. O trabalho foi desenvolvido em SIG a partir de informação em formato vetorial e *raster* utilizando para tal o *software ArcGis Map 10.2*.

não só pelo número de empregos que gera como pela riqueza que é gerada na Terceira pela presença dos militares Norte Americanos, pelo que se entendeu integrá-la neste estudo, como um setor de atividade económico com ocupação do solo, devidamente definido e com o respetivo emprego associado.

28 Para a ilha Terceira foi utilizado sistema de *Land Use Capability* adaptado de (Pinheiro *et al.*, 1987). Para a bacia de Tahaddart e áreas adjacentes, foi adaptado do mapa de solos de (Cavallar, 1950) a classificação FAO (1984).

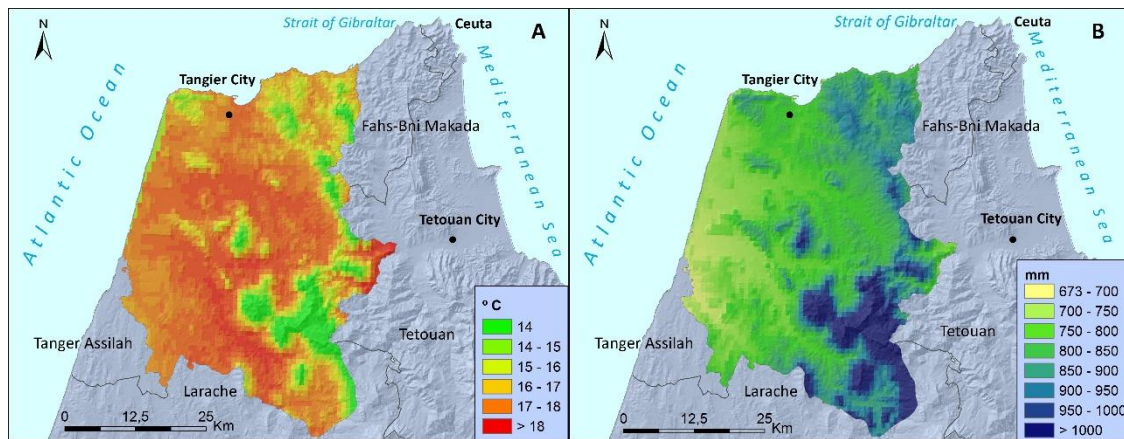


Figura 14 – Distribuição da temperatura média anual (A), distribuição da precipitação anual acumulada (B). Fonte: Adaptado²⁹ de Maroc Meteo (2014).

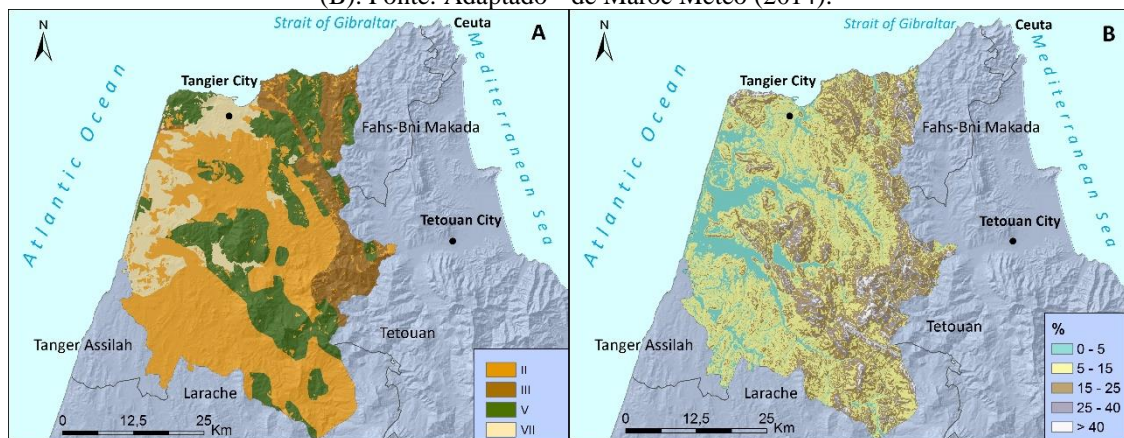


Figura 15 – A- Carta do tipo de solos³⁰, fonte: adaptado de Cavallar (1950); B - carta de declives (Fonte: SRTM3³¹)

A Figura 14 ilustra as variáveis climáticas e a Figura 15 o relevo e a tipo de solos para a bacia de Tahaddart e áreas adjacentes.

Para o uso urbano, considerou-se todas as atividades relacionadas com serviços, comércio e indústria que se encontram sobretudo na grande zona urbana da cidade de Tânger e a Norte das comunas de *Boukhalef* e *Laaouama*. O restante território é essencialmente rural e a população vive sobretudo da agricultura. Nestas áreas, foram identificados cinco usos relacionados com o tipo de agricultura com maior expressão, através de dados fornecidos pelo Ministério da Agricultura e Pescas de Marrocos (MADRPM, 2012) e da Agência de Desenvolvimento Agrícola do Reino de Marrocos (ADA, 2012).

²⁹ A partir das séries climáticas da Direction de la Météorologie Nationale de Marrocos para os períodos de 1949-2009, para 10 estações meteorológicas com valores de precipitação, temperatura e velocidade do vento, foram calculados em ArcGis 10.2 (através do método de interpolação) as cartas de distribuição da temperatura média anual e distribuição da precipitação anual acumulada.

³⁰ Adaptado para a classificação FAO (1984)

³¹ Criado em ArcGis 10.2, utilizando a extensão *Spatial Analyst/Slope* a partir do modelo digital do terreno DEM de Jarvis et al. (2008).

Selecionou-se uma cultura como referência a cada uma das atividades consideradas, *rural dwellers* – batata; culturas de sequeiro – feijão, culturas de regadio – tomate; pastagem – trevo branco; floresta – pinheiro bravo.

6.2.1 – APTIDÃO URBANA

Na determinação das áreas urbanas (Figura 16), partiu-se da cartografia existente onde estão vetorizadas a cidade de Tânger, o aeroporto e as principais redes de infraestruturas.

Relativamente aos fatores edafoclimáticos, sobretudo aqueles relacionados com índice de conforto bioclimático, seguiu-se a metodologia adotada por Olgyay (1998) para os critérios de temperatura média anual e declive.



Figura 16 – Carta de aptidão urbana

Desta forma, em termos físicos, considerou-se 25% o valor de inclinação máxima até à qual é possível edificar.

Relativamente à temperatura média anual, considerou-se o valor de 14°C, como valor mínimo. Verificou-se, contudo, que este parâmetro não atua como um fator limitante da aptidão urbana e industrial, uma vez que em toda a zona de estudo as temperaturas médias anuais são superiores a este valor.

Deste modo, os fatores de determinam a aptidão urbana na bacia de Tahaddart e áreas adjacentes são o relevo e a presença de infraestruturas.

6.2.2 - APTIDÃO RURAL (RURAL DWELLERS)

Tal como acontece nas zonas urbanas, também nas zonas rurais, a temperatura não é um fator limitante, pois verifica-se por todo o território uma temperatura média anual superior a 14°C. Apenas cerca de 15% da população habita fora das zonas urbanas, distribuída de uma forma irregular e heterogénea ao longo de toda a área de estudo, verificando-se um

aglomerado mais concentrado nas imediações da cidade de Tânger e a Sudoeste nas planícies próximas do litoral (com a atratividade da cidade de Larache que não está incluída neste estudo). Estas áreas apresentam um padrão de paisagem comum, caracterizado por habitações, proximidade das vias de acesso e pequenos terrenos agrícolas (hortas) que servem de autoabastecimento de cada família (Figura 17-B), como de resto acontece na maioria das zonas rurais.

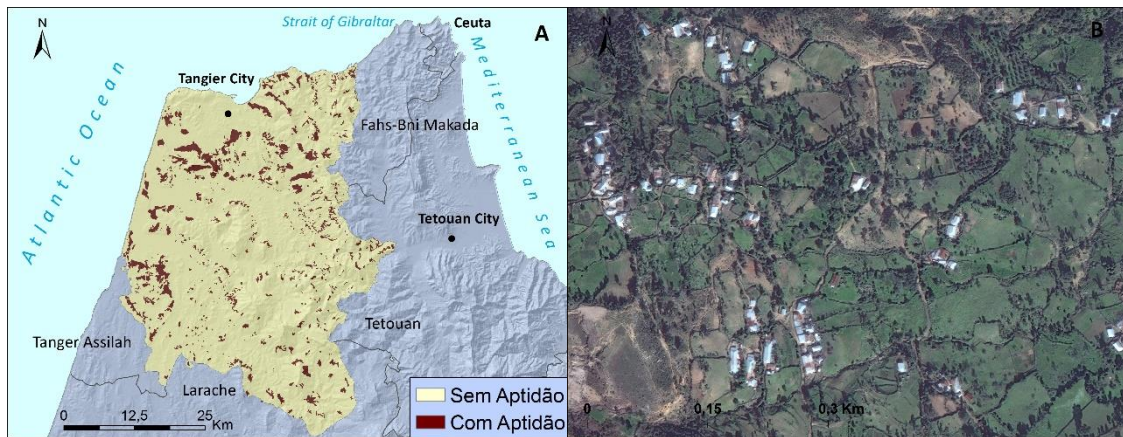


Figura 17 –A- Aptidão rural B- Imagem aérea da aldeia de El Khaoucha em Aquass Briech (Fonte: ESRI Aerial Images)

Devido a inexistência de cartografia em formato digital, a partir de fotografia aérea, digitalizou-se os aglomerados populacionais da zona de estudo (Figura 17-A). Para a determinação destas áreas de aptidão, tomou-se como referência a cultura da batata (*Solanum tuberosum*), considerando-se aptos os solos do tipo I e II, valores mínimos de precipitação anual acumulada de 550 mm e um declive máximo de 15% (Allen *et al.*, 1998; Daccache *et al.*, 2012).

6.2.3 - APTIDÃO A CULTURAS DE REGADIO

A agricultura no Norte de Marrocos é um setor com um peso muito importante na economia do país. Aproveitando a qualidade dos seus solos, aliada à disponibilidade de água que se verifica nesta região e às temperaturas amenas, estes fatores contribuem de forma decisiva na elevada produtividade agrícola da região, que não é alheia os grandes investimentos feitos no setor do regadio nos últimos anos sobretudo na região de Larache (ADA, 2012).

Destacam-se na agricultura de regadio a produção hortícola com especial destaque para a produção de tomate e no campo arborícola as plantações de Oliveiras. As exigências climáticas e de qualidade de solos são sensivelmente as mesmas apresentadas por Alama

(2010), para o Sul de Espanha (Castellon) em que podemos encontrar áreas com aptidão para o regadio, em solos do tipo I e II, temperaturas médias anuais superiores a 14°C e um declive não superior a 5%. Para além da qualidade dos solos e das condições climáticas (nomeadamente a temperatura), o principal fator limitante neste tipo de produção agrícola (normalmente associada a um uso de alta intensidade) prende-se com a disponibilidade de água e as infraestruturas desenvolvidas para este efeito. A área estudo é servida a montante por duas importantes barragens (Battouta e Dar Chaoui) no entanto a capacidade de captação e armazenamento são limitadas, para além da limitação de infraestruturas ao longo das linhas de água que abrangem no máximo 2 km junto das povoações de Ain Jdioui, Had Gharbia e Briyech.

A Figura 18 ilustra a aptidão a culturas de regadio para a bacia de Tahaddart e áreas adjacentes, com base nos critérios acima descritos.



Figura 18 – Aptidão de culturas de regadio.

Ainda que a produção de tomate³² (*Solanum lycopersicum*) possa ser efetuado sem recursos ao regadio em zonas com um intervalo de precipitação anual acumulada entre os 600 mm e os 1300 mm, as exigências mínimas para esta cultura são de pelo menos 400 mm durante todo o seu ciclo de crescimento e maturação de acordo com FAO (1984). Durante as estações secas, a cultura do tomate só é possível efetuar mediante processos de regadio, e nas estações frias são efetuadas em estufas, também elas equipadas com mecanismos de regadio. A cultura de tomate, no entanto não se restringe apenas às zonas de regadio, sendo praticadas um pouco por toda a região, com níveis de produção que variam de acordo com a sazonalidade.

³² Modelo FAO Ecocrop para diversas culturas <http://ecocrop.fao.org/ecocrop/srv/en/dataSheet?id=1379>

6.2.4 - APTIDÃO A CULTURAS DE SEQUEIRO

As culturas de sequeiro no Norte de Marrocos encontram-se distribuídas um pouco por todo o território. As leguminosas e os cereais assim como algumas espécies arborícolas como as oliveiras e figueiras são as principais culturas (MADRPM, 2012).

Na determinação da aptidão de culturas de sequeiro (Figura 19), tendo por base a cultura do feijão (*Phaseolus vulgaris*), as áreas com aptidão a esta cultura requerem temperaturas médias anuais superiores a 14°C, precipitação anual acumulada não inferior a 550 mm, solos da classe I e II e declives até 15% (FAO, 1984).

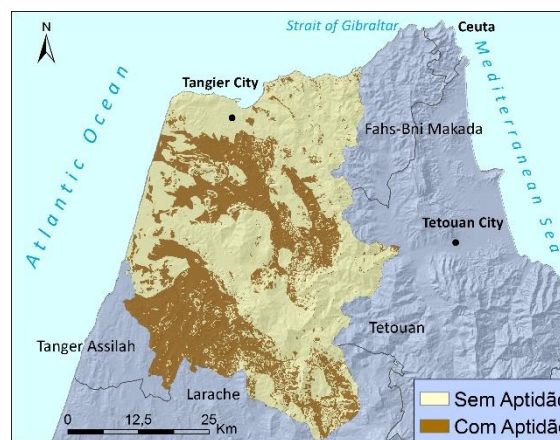


Figura 19 – Aptidão a culturas de sequeiro.

6.2.5 - APTIDÃO A PASTAGEM

Embora o setor da agropecuária não tenha a mesma expressão em termos económicos que as culturas de sequeiro ou regadio, é bastante importante em termos de autoabastecimento na região. As zonas que apresentam aptidão para o uso agropecuário, situam-se sobretudo nas vertentes Norte e Leste, onde a pluviosidade é mais elevada. No entanto, em termos de ocupação efetiva, as zonas de pastoreio são remetidas para as zonas de maior altitude sendo que os solos de melhor qualidade e de declive menos acentuado são ocupados por culturas de maior rendimento económico como as culturas de regadio e de sequeiro.

Para determinar as áreas de aptidão a pastagem (Figura 20), foi tido como referência o trevo branco (*Trifolium repens*), onde a precipitação anual acumulada tem que ser superior a 650 mm, a temperatura média anual superior a 12,5 ° C, solos da classe I, II e III e uma inclinação inferior a 25% (Jackson, 1985; Ovalle *et al.*, 2010).

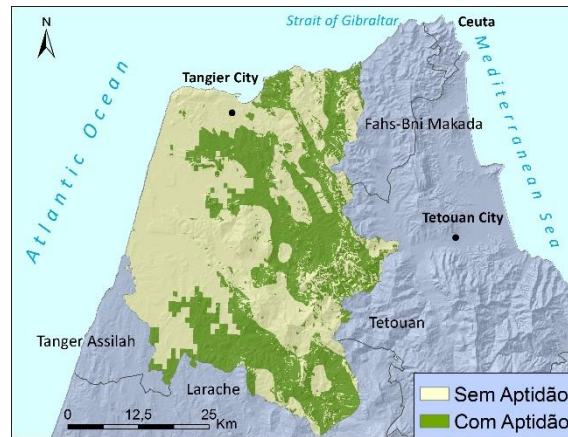


Figura 20 – Aptidão a pastagem.

6.2.6 - APTIDÃO FLORESTAL

As zonas florestais na área de estudo não têm grande impacto na economia da região. Grande parte das áreas ocupadas pela floresta são utilizadas para uso local quer sobre a forma de madeira para construção como lenha para combustível, situando-se nos solos mais pobres e sobretudo montanhosos. De acordo com ADA (2012), as espécies predominantes na região são: azinheira, acácia, eucalipto, o cedro e o pinheiro bravo.

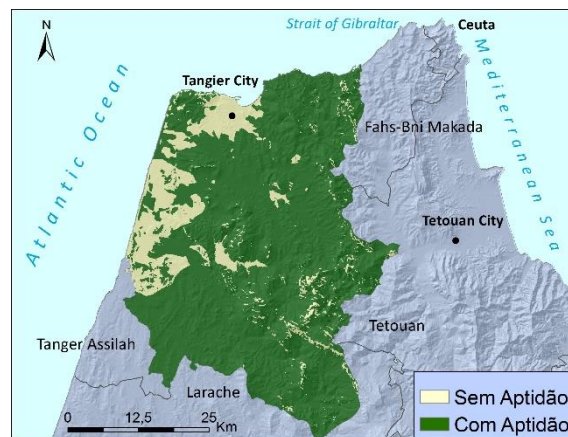


Figura 21 – Aptidão Florestal

As áreas de aptidão florestais, (Figura 21), foram determinadas tendo por base os critérios para o pinheiro bravo (*Pinus pinaster*) onde a precipitação anual acumulada tem que ser superior a 400 mm, o declive inferior a 40% e os solos da classe I, II e III (Webb *et al.*, 1984), sendo excluídos neste trabalho, os solos da classe IV (junto ao litoral e com grande intrusão salina).

6.3 – APTIDÃO DO USO DO SOLO DA ILHA TERCEIRA

A determinação da aptidão do uso do solo para a ilha Terceira, segue o mesmo modelo geográfico utilizado para a bacia de Tahaddart e áreas adjacentes. No entanto, as

principais atividades diferem daquelas que encontramos no Norte de Marrocos, a natureza dos dados de base também, assim com as características biofísicas do arquipélago dos Açores face ao Norte de Marrocos.

Ainda que em termos científicos, a fiabilidade dum modelo (seja ele geográfico, económico ou agronómico) passe pela possibilidade de replicá-lo noutras regiões e noutros contextos, são sempre alvo de ajustes e de adaptações, de forma a que, os seus resultados possam ser comparados com a realidade observada e assim validados.

Para a ilha Terceira, considerou-se sete setores de ocupação do uso do solo: urbano; industrial; base das Lajes; hortifruticultura, agrícola, pastagem e floresta.

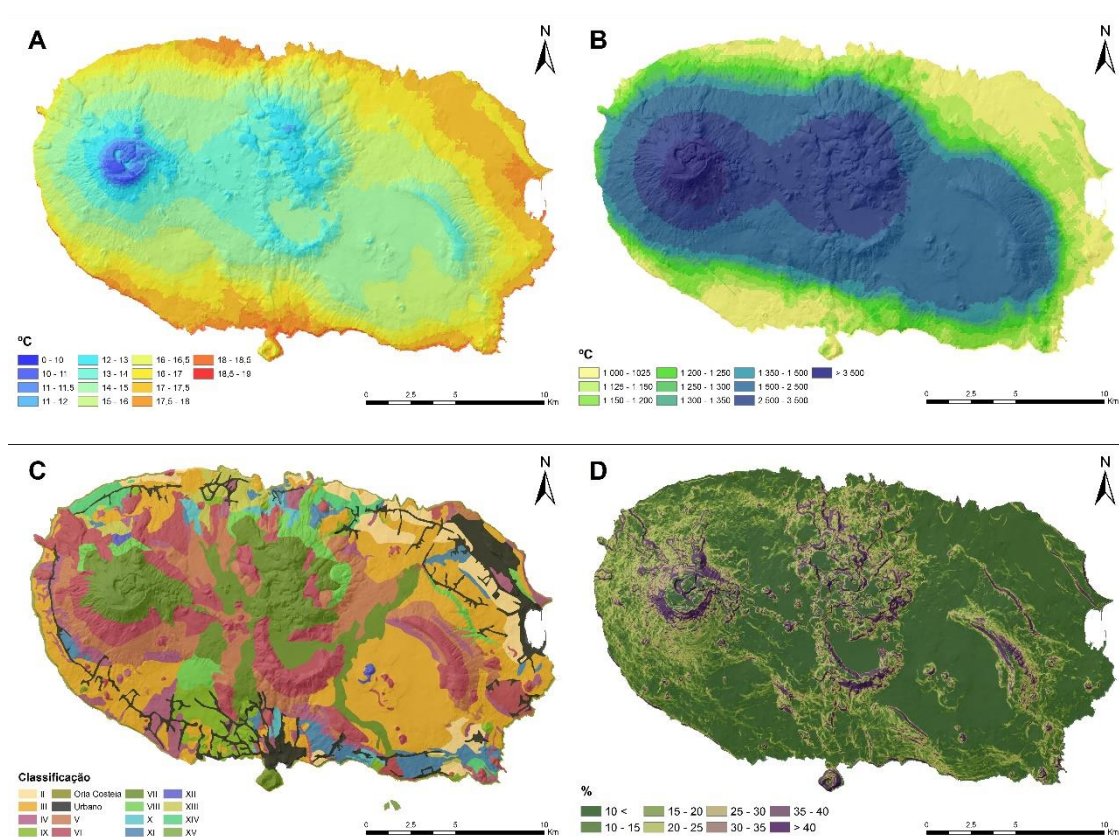


Figura 22 – Variáveis edafoclimáticas: **A** – Temperatura média anual, **B** – Precipitação anual acumulada (Azevedo, 1996); **C** – Capacidade de uso (Pinheiro *et al.* 1987); **D** – Declive, adaptado de SRHE (2001).

Os dados de base e a sua origem ilustrados na Figura 22 são: distribuição da temperatura média anual e da precipitação anual acumulada de Azevedo (1996), carta de declive da ilha Terceira obtida a partir da cartografia militar vetorial 1:25 000 (SRHE, 2001) e Carta de Capacidade de Uso (formato vetorial) de Pinheiro *et al.* (1987).

6.3.1 – APTIDÃO URBANA

A metodologia utilizada para a determinação da aptidão do uso urbano (Figura 23) para a ilha Terceira, foi semelhante à utilizada para a bacia de Tahaddart e áreas adjacentes, onde foram apenas efetuados acertos em algumas variáveis.

Relativamente à temperatura média anual³³, estabeleceu-se como valor mínimo 16°C, enquanto o declive máximo do território é de 25%.

Partiu-se da malha urbana vetorizada na cartografia militar do Exército à escala 1:25 000 (SRHE, 2001) e da presença de infraestruturas (rede viária, rede elétrica e rede de abastecimento de água).

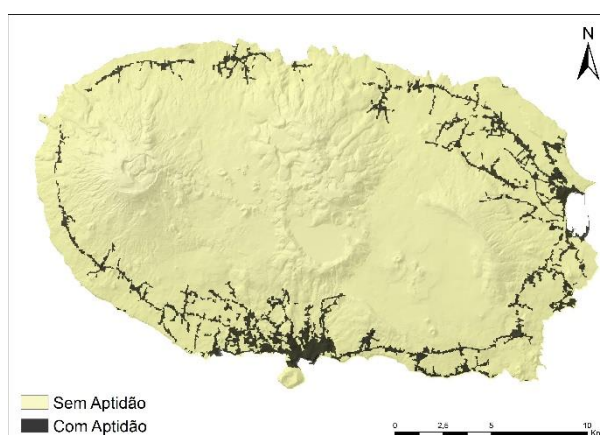


Figura 23 - Aptidão urbana da ilha Terceira

6.3.2 – APTIDÃO INDUSTRIAL

Para as áreas de aptidão industrial, ilustradas na Figura 24, foram apenas considerados as infraestruturas industriais existentes, assim como os respetivos parques industriais de Angra do Heroísmo e da Praia da Vitória, devidamente regulamentados nos seus Planos Diretores Municipais.

Esta área de aptidão industrial, não exclui que não possam ser instaladas outras unidades industriais noutras zonas da ilha Terceira, no entanto no presente estudo (tendo sido considerada as zonas industriais como um setor de atividade económica) optou-se por

³³ Nos trabalhos desenvolvidos por Victor Olgyay (1998), um dos fatores cruciais da determinação do conforto bioclimáticos para zonas urbanas é a humidade média relativa do ar, onde é estabelecido um valor entre os 65-75 %. Sendo o clima do arquipélago dos Açores temperado marítimo, com humidades médias relativas superiores a 85% este fator não se adequa à realidade insular. A partir das cartas de humidade relativa média do ar da ilha Terceira (Azevedo, 1996), estabeleceu-se uma correlação deste fator com a temperatura média anual e definiu-se como valor mínimo desta última variável 16°C.

manter as zonas já delimitadas para este efeito e com uma área disponível de cerca de 45% face às instalações existentes.

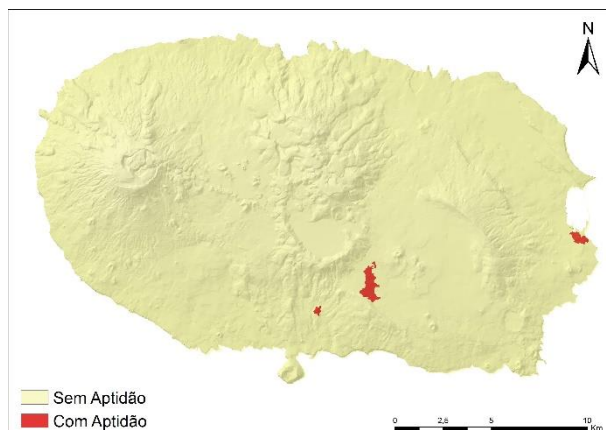


Figura 24 – Aptidão Industrial da ilha Terceira

6.3.3 – APTIDÃO DA BASE DAS LAJES

A Base das Lajes na ilha Terceira é uma infraestrutura militar, construída em 1941 pela Força Aérea Britânica (*Royal Air Force - RAF*) e pela Força Aérea dos Estados Unidos da América (*United States Air Force - USAF*) naquela que era à data, a principal zona de cultivo de cereal (essencialmente trigo) denominada de Ramo Grande.

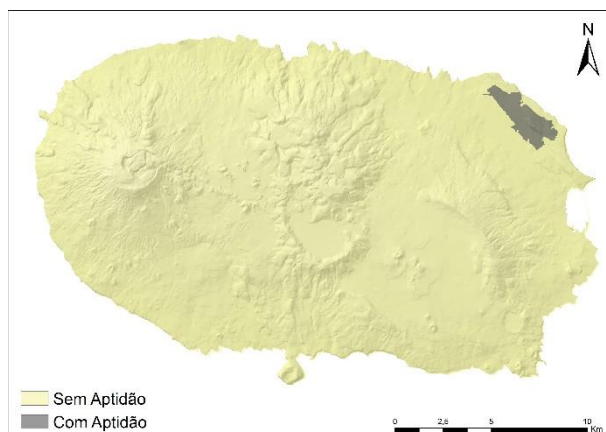


Figura 25 - Aptidão da Base das Lajes na ilha Terceira

A inclusão desta zona como uma atividade *per si*, prende-se com o elevado peso económico que a presença desta infraestrutura militar tem na economia da ilha, com a criação de emprego direta e indiretamente. Optou-se por não assumir nenhum critério de determinação de aptidão desta estrutura de grande dimensão (para a ilha Terceira) que ocupa cerca de 10 km² na sua zona de implantação. No modelo e à semelhança das zonas industriais entra como área pré-definida (Figura 25).

6.3.4 – APTIDÃO HORTOFRUTÍCOLA

A avaliação da aptidão hortofrutícola (Figura 26) foi efetuada com base na cultura da laranja³⁴ (*Citrus sinensis*). Esta cultura teve um grande peso económico no início do século XIX em todo o arquipélago dos Açores, ainda que nos dias de hoje a cultura da vinha e sobretudo a banana na ilha Terceira tenham ultrapassado largamente a produção de laranja.

As exigências climatológicas desta cultura estão relacionadas com o somatório de temperatura acumulado ao longo do ciclo de crescimento (todo o ano no caso da laranja), os valores de temperatura média nos meses da estação mais fria, a precipitação total anual e a percentagem de precipitação que ocorre nos meses de Verão (junho, julho e agosto).

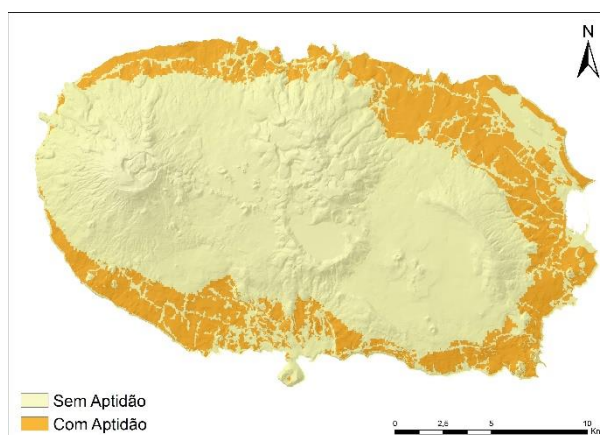


Figura 26 – Aptidão hortofrutícola da ilha Terceira

O somatório da temperatura média anual, em graus dia acumulados, tem como valor mínimo admitido 2400 °C dia-1 (Amaral, 1982). Por fim, a temperatura mínima da estação mais fria (janeiro a março) deverá estar acima dos 10 °C (Agusti, 2000; Amaral, 1982). Estas restrições de temperatura, correspondem em termos geográficos (para a ilha Terceira) às zonas com temperatura média anual igual ou superior a 16°C.

A precipitação total anual deve estar acima dos 1250 mm, com a percentagem de precipitação nos meses de Verão (junho, julho e agosto) superior a 10%, estando excluídas das classes de aptidão as zonas com declive superior a 25%.

³⁴ A laranja era considerada um bem de primeira necessidade (como fonte de vitamina C na prevenção de doenças como o escorbuto) na alimentação das tripulações marítimas até ao final do século XIX. Com as invasões napoleónicas em toda a Europa, as regiões mediterrânicas que abasteciam as frotas Britânicas foram bloqueadas pelos Franceses. O Arquipélago dos Açores, devido à sua posição geográfica, rapidamente se transformou na principal região de abastecimento de citrinos à Real Armada Britânica, devido ao bloqueio dos portos mediterrânicos imposto pelos Franceses (Aranda, 2007).

Em relação à capacidade de uso do solo, foi excluída a classe VII da aptidão para esta cultura (Agusti, 2000).

Relativamente aos solos, foi utilizada a carta de capacidade de uso da ilha Terceira (Pinheiro *et al.*, 1987), onde se excluiu os solos das classes, VII e VIII.

6.3.5 – APTIDÃO AGRÍCOLA

A avaliação da aptidão agrícola foi efetuada com base na cultura do milho (*Zea mays*). Nos dias de hoje, devido à intensa atividade agropecuária a cultura do milho é inexpressiva do ponto de vista de consumo por parte das populações, mas é amplamente cultivada em toda a ilha, uma vez que é utilizada na alimentação animal como forragem.

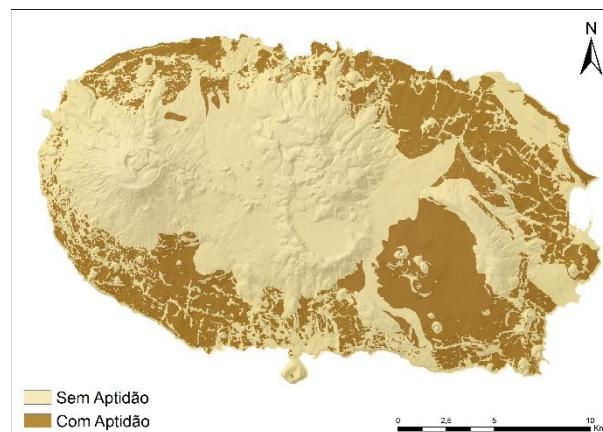


Figura 27 – Aptidão Agrícola da ilha Terceira

As exigências climáticas consideradas foram: temperatura base superior a 6 °C e o limite de temperatura mínima não inferior a 10 °C (Monjardino, 1993; Rocha *et al.*, 2014).

Foram excluídos valores de declives superiores a 15% e foram considerados os solos das classes I, II, III e IV da carta de capacidade de uso, com condições de suportar esta cultura (Silveira, 2009)

A Figura 27 ilustra a aptidão agrícola da ilha Terceira, com base nos critérios acima mencionados.

6.3.6 – APTIDÃO A PASTAGEM

Com base na cultura da azevém (*Lolium perenne*), espécie mais utilizada nas pastagens Açorianas, Gonçalves & Calado (2006), determinaram os fatores edafoclimáticos que influenciam a distribuição desta espécie nos Açores.

Foram considerados declives inferiores a 30%, e foram excluídos os solos das classes VII e VIII da carta de capacidade de uso. Em relação às exigências dos fatores climáticos, a temperatura média anual deve ser superior a 12,5 °C e a precipitação anual acumulada superior a 1100 mm. Adaptando estas condições ao modelo geográfico utilizado no presente trabalho, foi elaborado uma carta de aptidão à pastagem para a ilha Terceira ilustrada na Figura 28.

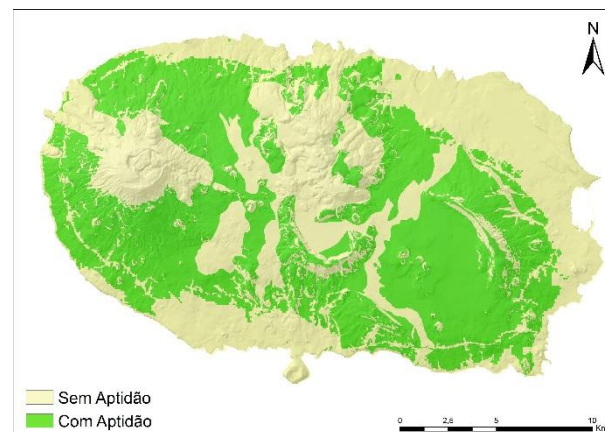


Figura 28 – Carta de aptidão à pastagem na ilha Terceira.

6.3.7 – APTIDÃO FLORESTAL

A atividade florestal na ilha Terceira, à semelhança do que acontece nas restantes ilhas do arquipélago, não apresenta um peso económico significativo na economia da ilha. A utilização de lenha como fonte de combustível é residual nos dias de hoje sendo que as espécies com maior valor económico são o eucalipto e a criptoméria japónica.

Nas últimas décadas tem-se assistido a notáveis esforços do ponto de vista da preservação da floresta endémica dos Açores (*Laurissilva*), ou o que resta dela, com todo o valor histórico e cultural, para além dos serviços dos ecossistemas do ponto de vista de preservação da fauna e flora endémica da região e ainda da sua função na captação e recarga dos aquíferos

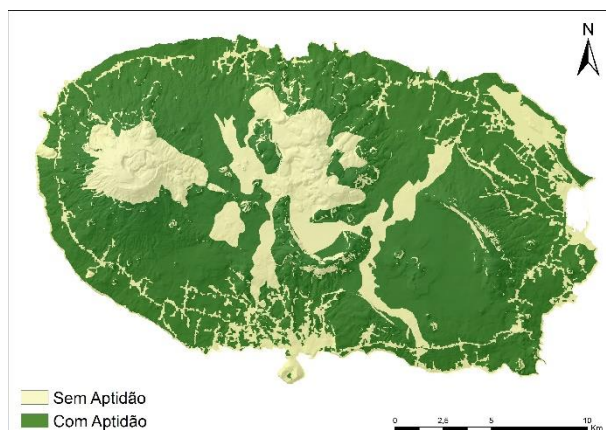


Figura 29 – Carta de aptidão florestal da ilha Terceira.

No modelo geográfico utilizado neste estudo, que resulta na determinação da carta de aptidão floresta ilustrada na Figura 29, utilizou-se como referência os critérios relativos à produção de criptoméria (*Cryptomeria japonica*).

Apesar o valor subjacente da floresta endémica, em termos económicos e com a produção de lenha com fonte de combustível a registar níveis quase residuais, o eucalipto e a criptoméria japónica são as duas espécies como maior área de produção e comercialização.

Com base nos trabalhos de Ferreira & Silva (2006), os valores dos principais fatores limitantes ao crescimento e desenvolvimento desta espécie são: solos da classe VII e VIII, inclinações superiores a 40% (ainda que se possa observar montanhas e encostas com declives mais acentuados com a produção desta espécie, não é recomendada, devido à probabilidade de deslizamentos de terras, sobretudo quando estas espécies atingem um porte considerável), precipitação anual acumulada de 1150 mm e temperatura média anual maior ou igual a 10 °C.

6.4 – DETERMINAÇÃO DAS CLASSES DE APTIDÃO DO USO DO SOLO

Da vasta bibliografia que é possível encontrar sobre a determinação da aptidão do uso do solo de determinada cultura, numa determinada região, podemos distinguir claramente dois tipos de metodologias: classificação binária, de aptidão ou ausência desta (Martin & Saha, 2007; Peng *et al.*, 2014; Yan *et al.*, 2006) utilizado no presente trabalho e classificação gradual onde se estabelecem níveis de aptidão com um a aproximação à classificação dos solos da FAO (1976, 1984) em que normalmente são utilizados três níveis, aptidão elevada aptidão média e baixa aptidão, (Asami *et al.*, 2011; Kokmila *et al.*, 2010; Luz, 2003; Worqlul *et al.*, 2015).

Estas metodologias focalizam-se numa única cultura não tendo em consideração a interação e competição pelo espaço que outras culturas possam exercer nessas mesmas zonas ou em partes delas.

Tendo em conta esta temática, não explorada na literatura internacional, desenvolveu-se uma classificação (Silveira, 2009) que não traduz uma decomposição de fatores edafoclimáticos (qualidade dos solos, declive, precipitação ou temperatura) mas sim de condições induzidas por esses fatores para diferentes atividades.

Não se trata duma classificação estática (como as anteriores), podendo dizer que é uma classificação que incorpora a flexibilidade do uso do solo às atividades como ocupação do território pré-definidas.

Adapta-se a várias culturas (consideradas com maior impacto na região onde é aplicada) e permite uma competição espacial pelos terrenos entre as culturas consideradas em determinadas unidades territoriais com características distintas. Essa competição, que não depende da dinâmica das próprias espécies (como nos modelos ecológicos), mas da decisão do produtor, influenciado por necessidades consumo (onde se inclui cultivo de espécies de hábitos de consumo local) e pela procura dos mercados (a produção do agricultor é feita pelas culturas que lhe proporcionam maior rentabilidade).

6.4.1 – CLASSES DE APTIDÃO DO USO DO SOLO – BACIA DE TAHADDART E ÁREAS ADJACENTES

Com base nos fatores edafoclimáticos considerados na determinação das aptidões das principais atividades económicas consideradas para a bacia de Tahaddart e áreas adjacentes, sintetizadas na Tabela 8, aplicou-se o modelo geográfico representado de uma forma simplificada na Equação (14), em que cada critério apresenta um valor normalizado entre 0 e 1, de acordo com a ausência ou não de classe.

$$V_{ij} = \prod_q^n C_{qij} \quad (14)$$

Onde:

- V_{ij} é o valor da classe, no ponto de coordenadas ij ;
- q corresponde a cada critério utilizado;
- n corresponde ao número de variáveis utilizadas;
- C_{qij} refere-se ao valor normalizado de q , no ponto de coordenadas ij .

Tabela 8 – Fatores de aptidão para os usos considerados para a bacia de Tahaddart e áreas adjacentes.

Fatores	Uso do Solo/Atividades					
	Urbano	Rural	Regadio	Sequeiro	Pastagem	Floresta
Temperatura média anual (°C)	>= 14	>= 14	>= 14	>= 14	>= 12,5	10
Precipitação anual acumulada (mm)	-	550	-	550	650	400
Declive (%)	0-25	0-15	0-5	0-15	0-25	0-50
Solos (FAO, 1976; 1984)	I-VIII	I.-VI	I-III	I-IV	I-V	I-VI
Infraestruturas	1 ^a	1 ^b	1 ^c	-	-	-

a – Infraestruturas urbanas

b – Infraestruturas rurais

c – Infraestruturas de regadio

De forma a facilitar a integração no modelo geográfico os fatores apresentados na Tabela 8 são reagrupados e classificados de forma a serem utilizados como *inputs* no ArcGis 10.2 (Tabela 9). Estes dados de *input* encontram-se em formato matricial (25x25), georreferenciado no Sistema de Coordenadas UTM WGS 1984 Zona 30.

Alguns dos intervalos apresentados na Tabela 9 para a determinação das áreas de aptidão, não se aplicam na área de estudo, como é possível observar na Figura 30 que ilustra as variáveis edafoclimáticas em formato matricial para a bacia de Tahaddart e áreas adjacentes. Assim para a temperatura média anual, temos apenas dois intervalos de classificação (*Temp 4*, *Temp 5*), assim como para a precipitação anual acumulada (*Rain 3*, *Rain 4*). Relativamente aos restantes fatores, o declive apresenta cinco intervalos de classificação (*Slope 1*, *Slope 2*, *Slope 3*, *Slope 4*, *Slope 5*) e os solos quatro (*Soils 1*, *Soils 2*, *Soils 3*, *Soils 4*). Por fim, a presença de infraestruturas (Figura 31) é classificada em três níveis (*Infra 1*, *Infra 2*, *Infra 3*).

Tabela 9 – *Inputs* do modelo geográfico para a determinação de classes de aptidão, para Tahaddart e áreas adjacentes.

Fatores	Intervalos de Classificação				
Temperatura média anual (°C)	0-10	10-12,5	12,5-14	14-16	>= 16
Input Temperature	Temp 1I	Temp 2	Temp 3	Temp 4	Temp 5
Precipitação anual acumulada (mm)	0-400	400-550	550-650	>=650	
Input Rainfall	Rain 1	Rain 2	Rain 3	Rain 4	
Declive (%)	0-5	5-15	15-25	25-40	>=40
Input Slope	Slope 1	Slope 2	Slope 3	Slope 4	Slope 5
Solos (FAO, 1976; 1984)	I-II	III-IV	V-VI	VI-VII	
Input Soils	Soils 1	Soils 2	Soils 3	Soils 4	
Infraestruturas	1a	1b	1c		
Input Infra	Infa 1	Infra 2	Infra 3		

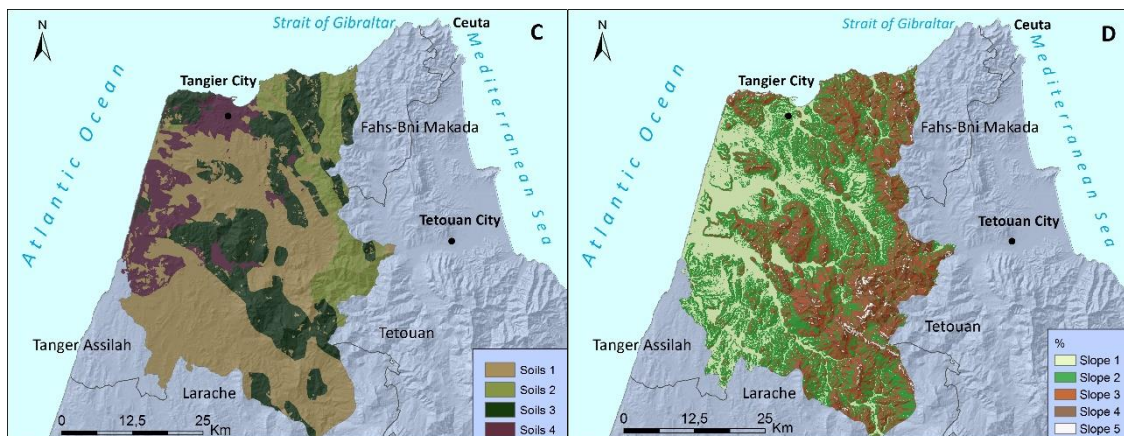
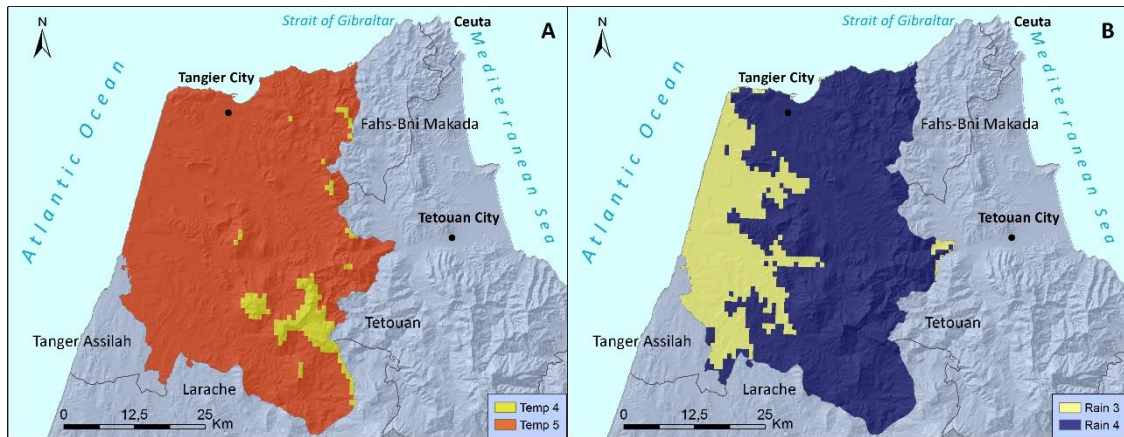


Figura 30 – Inputs em formato matricial: A- temperatura média anual; B- precipitação anual acumulada; C-solos; D – declive.

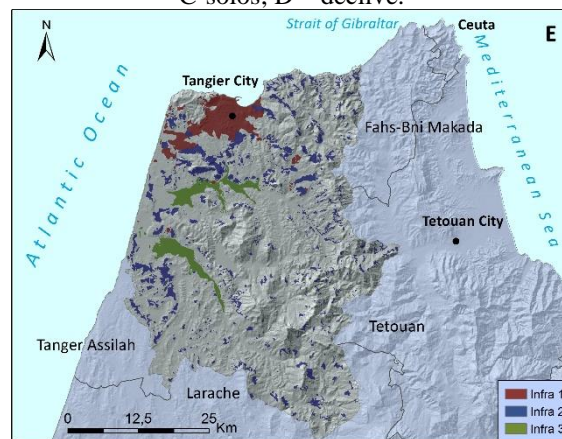


Figura 31 – Inputs em formato matricial: E- classificação das infraestruturas.

Aplicando a Equação (14), ficamos perante um resultado de 240 combinações possíveis. No entanto, apenas 14 combinações têm expressão no espaço e as restantes 226 não. Da aplicação do modelo geográfico, resultam 14 classes de solo independentes e não sobrepostas e a sua agregação resulta na aptidão para cada uso selecionado.

A classe 14 não é adequada para nenhum dos usos selecionados, de alguma forma representa todo o espaço físico que não tem aptidão para nenhum dos usos inicialmente considerados. No entanto, pode ser utilizada noutro tipo de uso e noutro contexto, como

por exemplo, áreas de serviço dos ecossistemas, zonas de recarga dos aquíferos, zonas naturais de proteção ambiental ou outras.

Tabela 10 – Relação entre cada uso e cada classe de aptidão para a bacia de Tahaddart e áreas adjacentes.

Classe	Urbano	Rural	Regadio	Sequeiro	Pastagem	Floresta
1	-	X	-	X	X	X
2	-	X	-	X	-	X
3	-	-	X	X	X	X
4	-	X	-	-	-	X
5	-	X	-	-	X	X
6	-	-	X	X	-	X
7	-	-	-	X	X	X
8	-	-	-	X	-	X
9	-	-	X	-	-	X
10	-	-	X	-	X	-
11	-	-	-	-	X	X
12	X	-	-	-	-	-
13	-	-	-	-	-	X
14	-	-	-	-	-	-

A Tabela 10, confere uma análise meramente interpretativa do agrupamento de algumas classes que resultam numa determinada aptidão. É possível observar que a aptidão urbana apenas se encontra na classe 12, mas a aptidão rural encontra-se na classe 1, 2, 4 e 5. O regadio encontra-se na classe 3, 5, 9 e 10, enquanto a aptidão a culturas de sequeiro se encontram na classe 1, 2, 3, 6, 7 e 8, a aptidão a pastagem nas classes 1, 3, 5, 7, 10 e 11 e a aptidão a floresta em todas as classes com excepção da classe 10, 12 e 14.

Na utilização destes dados no modelo de interação espacial de ocupação do uso do solo, a Tabela 10 é introduzida no modelo em formato de matriz booleana, de acordo com a Equação (15).

$$C_{kl} = \begin{bmatrix} 0 & 1 & 0 & 1 & 1 & 1 \\ 0 & 1 & 0 & 1 & 0 & 1 \\ 0 & 0 & 1 & 1 & 1 & 1 \\ 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 1 \\ 0 & 1 & 0 & 0 & 1 & 1 \\ 0 & 0 & 1 & 1 & 0 & 1 \\ 0 & 0 & 0 & 1 & 1 & 1 \\ 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 1 \\ 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 1 \\ 0 & 0 & 1 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 1 \\ 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \end{bmatrix} \tag{15}$$

Onde C_{kl} é a matriz que representa a relação entre as classes de aptidão do solo aos usos considerados para cada atividade k em cada classe de solo l onde k_1 é urbano, k_2 é rural,

k_3 é regadio, k_4 culturas de sequeiro, k_5 pastagem e k_6 floresta, enquanto que l_1 refere-se à classe 1, l_2 à classe 2 ... l_{14} à classe 14.

A Figura 32 ilustra as classes de aptidão do solo em formato matricial, calculada de acordo com as metodologias descritas anteriormente.

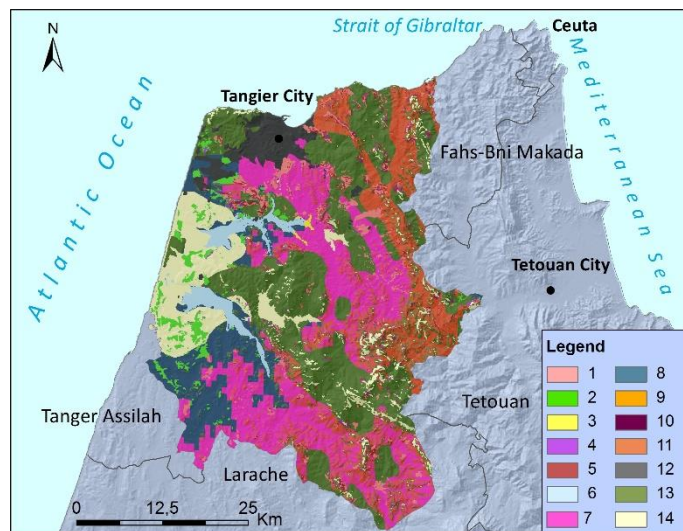


Figura 32 – Classes de aptidão do solo para a bacia de Tahaddart e áreas adjacentes

6.4.2 – CLASSES DE APTIDÃO DO USO DO SOLO – ILHA TERCEIRA

Para a determinação das classes de aptidão de uso na ilha Terceira, seguiu-se a mesma metodologia descrita anteriormente para a bacia de Tahaddart e áreas adjacentes.

No entanto, nem todas as atividades consideradas são coincidentes e para as mesmas aptidões os critérios são adaptados às características insulares dos Açores.

Tabela 11 - Fatores de aptidão para os usos considerados na ilha Terceira

Fatores	Uso do Solo/Atividades						
	Urbano	Industrial	Base	Hortofrutícola	Agrícola	Pastagem	Floresta
Temperatura média anual (°C)	>= 16	-	-	>= 16	>= 10	12,5	>= 10
Precipitação anual acumulada (mm)	-	-	-	1000	750	1150	1150
Declive (%)	0-25	-	-	0-25	0-15	0-30	<= 40
Solos (<i>Land Use Capability</i> ; Pinheiro <i>et al.</i> 1987))	I-VIII	I.-VI	-	I-VI	I-IV	I-VI	I-VII
Infraestruturas	1 ^a	1 ^b	1 ^c	-	-	-	

a – Infraestruturas urbanas
b – Infraestruturas industriais
c – Infraestruturas militares da Base das Lajes.

A Tabela 11 sintetiza os critérios de cada fator para cada atividade considerada, enquanto que a Tabela 12 apresenta a relação entre os intervalos de classificação entre cada fator utilizado no modelo geográfico.

Os *inputs* do modelo geográfico, também estão em formato matricial (25 x 25), no sistema de coordenadas UTM WGS 1984, Zona 26 N, uniformizados de acordo com a Directiva INSPIRE³⁵, relativamente à produção de metadados.

Tal como aconteceu anteriormente para a bacia de Tahaddart e áreas adjacentes, alguns dos intervalos apresentados na Tabela 12 para a determinação das áreas de aptidão, não se aplicam na área de estudo. Assim para a temperatura média anual, temos quatro intervalos de classificação (*Temp2*, *Temp 3*, *Temp 4*, *Temp 5*), para a precipitação anual acumulada apenas dois intervalos de classificação (*Rain 3*, *Rain 4*). Relativamente aos restantes fatores, o declive apresenta cinco intervalos de classificação (*Slope 1*, *Slope 2*, *Slope 3*, *Slope 4*, *Slope 5*) e os solos quatro (*Soils 1*, *Soils 2*, *Soils 3*, *Soils 4*). Por fim, a presença de infraestruturas é classificada em três níveis (*Infra 1*, *Infra 2*, *Infra 3*).

Tabela 12 – *Inputs* do modelo geográfico para a determinação de classes de aptidão para a ilha Terceira.

Fatores	Intervalos de Classificação				
Temperatura média anual (°C)	0-10	10-12,5	12,5-16	>= 16	
Input Temperature	Temp 11	Temp 2	Temp 3	Temp 4	
Precipitação anual acumulada (mm)	0-750	750-1000	1000-1150	>=1150	
Input Rainfall	Rain 1	Rain 2	Rain 3	Rain 4	
Declive (%)	0-15	15-25	25-30	30-40	>=40
Input Slope	Slope 1	Slope 2	Slope 3	Slope 4	Slope 5
Solos (FAO, 1976; 1984)	I-IV	IV-VI	VI-VII	VII-VIII	
Input Soils	Soils 1	Soils 2	Soils 3	Soils 4	
Infraestruturas	1a	1b	1c		
Input Infra	Infa 1	Infra 2	Infra 3		

³⁵ A Directiva INSPIRE, foi transposta para a legislação nacional em 2009, através do Decreto-Lei n.º 180/2009 de 7 de Agosto, regulamentando, entre outros aspectos, o registo nacional de dados geográficos, os metadados, os serviços de dados geográficos, e o acesso e partilha de conjuntos de serviços de dados geográficos (Mariano *et al.*, 2011).

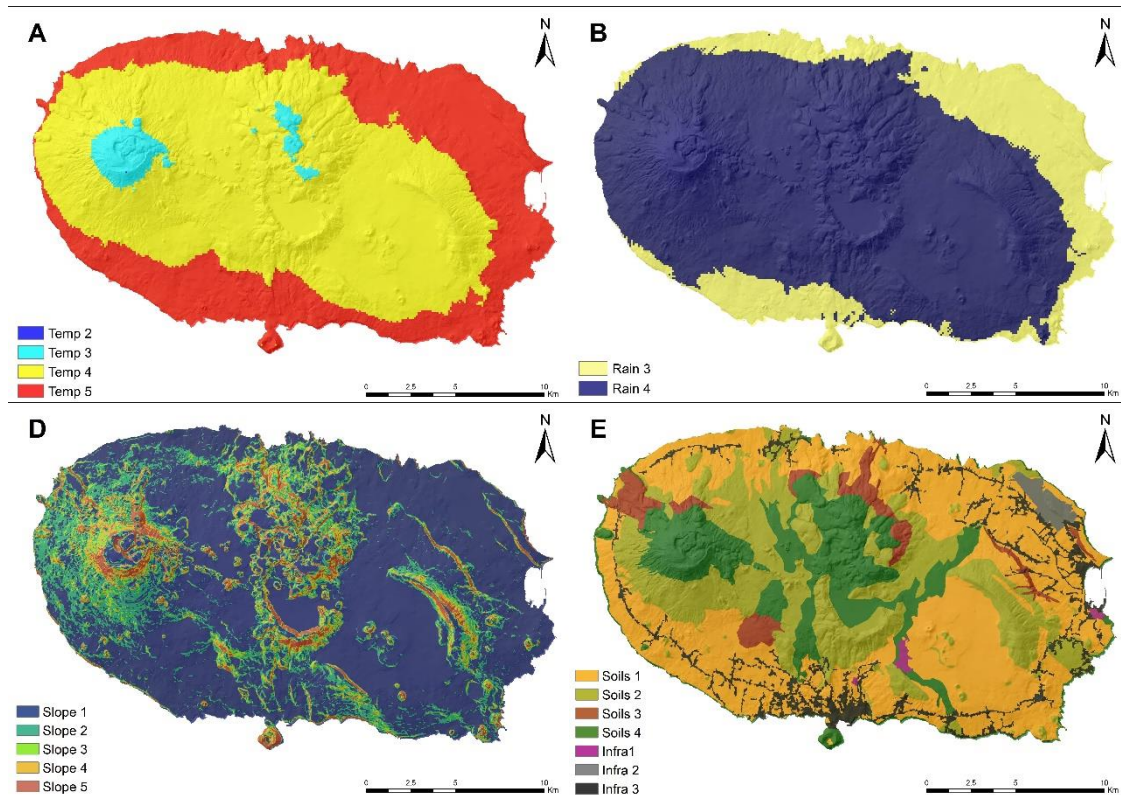


Figura 33 - *Inputs* em formato matricial: A- temperatura média anual; B- precipitação anual acumulada; C-solos (inclui as infraestruturas); D – declive.

A

Figura 33 ilustra os factores edafoclimáticos em formato matricial utilizados para a determinação das classes de aptidão na ilha Terceira. Aplicando a Equação (14), ficamos perante um resultado de 200 combinações a que acresce mais 3 que resultam das infraestruturas (urbano, industrial e base), préviamente definidas. Das 203 combinações finais, apenas 12 apresentam expressão física no território, como ilustra

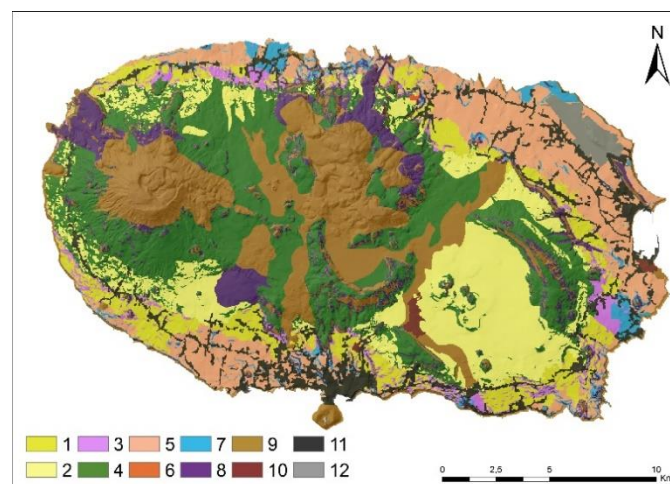


Figura 34 - Classes de aptidão do solo da ilha Terceira.

A classe 9 não é adequada para nenhum dos usos seleccionados, representando todo o espaço físico que não tem aptidão para nenhum dos usos inicialmente considerados. Pode

no entanto e á semelhança do que foi referido anteriormente para o caso de estudo da bacia de Thaddart e áreas adjacentes, ser utilizada noutro tipo de uso e noutro contexto, como por exemplo, áreas de serviço dos ecossistemas, zonas de recarga dos aquíferos, zonas naturais de protecção ambiental ou outras.

A Figura 34 ilustra as classes de aptidão do solo para a ilha Terceira de acordo com os critérios descritos anteriormente.

Tabela 13 - Relação entre cada uso e cada classe de aptidão para a ilha Terceira.

Classe	Urbano	Industrial	Base	Hortifruticultura	Agricultura	Pastagem	Floresta
1	-	-	-	X	X	X	X
2	-	-	-	-	X	X	X
3	-	-	-	X	-	X	X
4	-	-	-	-	-	X	X
5	-	-	-	X	X	-	X
6	-	-	-	-	X	-	X
7	-	-	-	X	-	-	X
8	-	-	-	-	-	-	X
9	-	-	-	-	-	-	-
10	-	X	-	-	-	-	-
11	-	-	-	-	-	-	-
12	X	-	X	-	-	-	-

A partir da análise interpretativa, representada na Tabela 13, é possível constatar que a organização é diferente da que foi apresentada anteriormente no caso de estudo da bacia de Tahaddart e áreas adjacentes.

A aptidão urbana encontra-se na classe 11, aptidão Industrial na classe 10 e a aptidão da base na classe 12, como resultado do critérios anteriormente definidos.

A aptidão hortifrutícola encontra-se nas classes 1, 3, 5 e 7, a aptidão agrícola nas classes 1, 2, 5 e 6, a aptidão a pastagem nas classes 1, 2, 3 e 4, enquanto que a aptidão a floresta se encontra em todas as classes com excepção das classes 10, 11 e 12.

A conversão em formato matricial (que é um dos *inputs*) do SIMLU, é apresentada na equação 16.

$$C_{kl} = \begin{bmatrix} 0 & 0 & 0 & 1 & 1 & 1 & 1 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 1 & 1 \\ 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 1 & 1 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 1 \\ 0 & 0 & 0 & 1 & 1 & 0 & 1 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 1 \\ 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 1 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \end{bmatrix} \quad (16)$$

Para a determinação alfanumérica das áreas de aptidão, foi desenvolvida uma ferramenta em linguagem de programação Python (Anexo B), denominada *Areas_Compiler* que cria em ambiente Arcmap 10.2 ficheiros em formato matricial, por zona e classe. No final do processamento, são gravadas automaticamente todos os ficheiros matriciais em *geodatabase* – GDB e a ferramenta cria automaticamente um ficheiro **.xlsx* com os valores das áreas.

6.5 – SÍNTESE

A conceção de uma nova abordagem à classificação dos solos, desenvolvendo uma nova metodologia, não pretende de nenhuma forma substituir as classificações existentes e abordadas anteriormente na literatura. De resto esta classificação fundamenta-se teoricamente em todas as anteriores, onde já estão incluídas as características físico-químicas dos solos, definidas as exigências hídricas e de temperatura e outros fatores climáticos que não foram considerados.

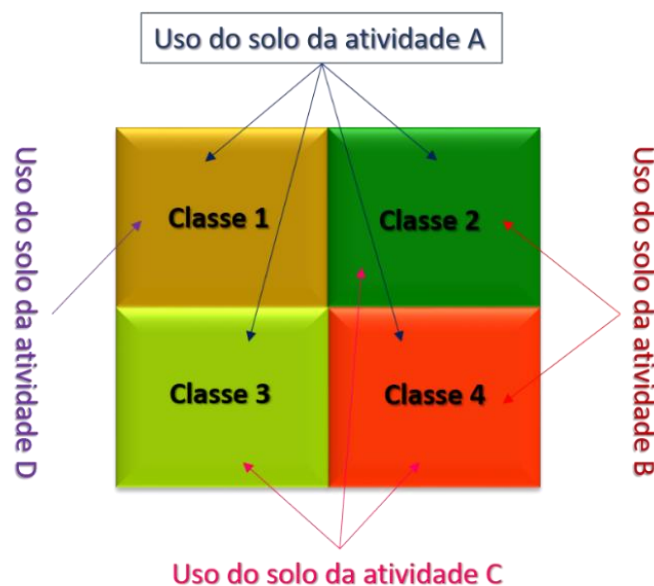


Figura 35 - Competição no território dos usos face às classes de aptidão.

A flexibilidade do uso do solo, a que se atribui a denominação de classes de aptidão do solo, foi uma metodologia desenvolvida com o objetivo de possibilitar uma análise sobre a competição de determinados usos (pré-considerados) face ao território.

A Figura 35 ilustra quatro atividades como ocupação do solo face a quatro classes de aptidão disponíveis. A atividade A tem aptidão nas quatro classes disponíveis, podendo assim ser instalada em qualquer uma das unidades de território disponíveis. Por outro

lado, a atividade B apenas apresenta aptidão na classe 2 e na classe 4, pelo que a sua instalação face ao território disponível fica restrita apenas a duas unidades de território. A atividade C apresenta aptidão na classe 2, 3 e 4, assumindo uma maior área de instalação face à atividade B mas ainda assim inferior à atividade A. Finalmente, a atividade D, apenas tem aptidão na classe 1, apresentando-se como a atividade com maiores restrições em termos de ocupação do território face às restantes.

Com esta classificação, as diversas atividades competem pelas mesmas unidades de território em certos casos, fazendo com que à partida existam unidades de território com maior pressão, pois podem acomodar mais atividades que competem entre si pela ocupação do território.

Cabe ao agente, político, industrial, agricultor ou outro com intervenção na ocupação do território, a decisão pelo uso. O mercado tem um papel determinante no caso da agricultura, fazendo com que o produtor produza de acordo com a aptidão do terreno atendendo às exigências do mercado. A título de exemplo, podemos entender a própria ocupação da ilha Terceira, que começa com a produção em massa de cereal no século XVII e século XVIII, passando para a produção de citrinos no século XIX e já no século XX até à atualidade centralizada na produção agropecuária (leite e carne).

CAPÍTULO 7

IMPACTOS DAS ALTERAÇÕES CLIMÁTICAS NA OCUPAÇÃO DO SOLO – BACIA DE TAHADDART E ZONAS ADJACENTES

7 – IMPACTOS DAS ALTERAÇÕES CLIMÁTICAS NA OCUPAÇÃO DO SOLO – BACIA DE TAHADDART E ÁREAS ADJACENTES

7.1 - INTRODUÇÃO

O desenvolvimento das sociedades e do ser humano tem uma relação direta com a utilização dos solos, com a orografia e com o clima. Brian Fagan (2007) vai mais longe e defende que evolução climática condicionou as populações ao longo dos tempos, dando exemplos de certos períodos da história em que com condições climáticas favoráveis determinadas civilizações floresceram e outras que entraram em declínio perante condições climáticas menos favoráveis. No entanto, e de acordo com o mesmo autor, reagiram e reajustaram-se.

O clima esteve desde sempre sujeito a mudanças, produzidas por ciclos longos e curtos, registados na história. Na Idade Média foram observados períodos de aquecimento seguido de um período de arrefecimento, conhecido como a Pequena Idade do Gelo.

Estes ciclos podem ser explicados por processos naturais, ligados a alterações no eixo de rotação da Terra, explosões solares e dispersão de aerossóis emitidos por vulcões, a uma escala global. Existem, no entanto, fenómenos climáticos, mais localizados no espaço e mais concentrados no tempo bastante frequentes: como grandes tempestades (furacões, tufões), cheias (resultantes de fenómenos extremos de precipitação), ondas de calor, degelo das calotes polares entre outros.

As causas naturais das alterações climáticas podem ser potenciadas por outras de natureza antropogénica, devido ao crescimento das emissões de vários gases de efeito de estufa GEE, sobretudo CO₂ e o vapor de água.

É importante salientar, que o nosso clima é determinado pelo constante fluxo de energia proveniente do Sol que atinge a superfície da Terra. De acordo com Borrego *et al.* (2009), a atmosfera enfraquece o feixe solar por absorção, dispersão e reflexão. Cerca de 30% da radiação solar é imediatamente refletida de volta ao espaço. A restante energia penetra na atmosfera e é diferencialmente absorvida e parcialmente filtrada na estratosfera, devido à presença de ozono, e a radiação que atinge a superfície da terra é predominantemente visível; a energia solar que atinge a superfície do planeta é absorvida pelo solo, água e ar, podendo ser convertida em calor através do aumento da temperatura da superfície terrestre ou da evaporação/evapotranspiração, ou ainda convertida em energia mecânica,

elétrica ou química. Uma parte da energia absorvida pela superfície terrestre é reenviada para o espaço, na forma de radiação de infravermelha de grande comprimento de onda, sendo parcialmente absorvida ao atravessar a atmosfera pelos gases que a constituem (Peixoto, 1981).

Do balanço radioativo da Terra (da radiação que atinge a superfície do planeta e a que é emitida de volta) resulta um saldo positivo de energia responsável pela temperatura média superficial de 15°C (Borrego *et al.*, 2009).

De acordo com o painel da *United Nations Environment Programme* – UNEP (1999), a ausência do efeito de estufa descrito anteriormente, levaria a uma diminuição de cerca de 33°C, passando a termos uma temperatura média da Terra de – 18°C, impossibilitando a vida tal como a conhecemos. Deste modo, não é de estranhar que diversos autores considerem que a presença de GEE em concentrações reduzidas na atmosfera é essencial para manter o equilíbrio do sistema de temperatura na Terra (Dessler *et al.*, 2013; Marland *et al.*, 2007; N. Nakicenovic *et al.*, 2000; Rosenlof *et al.*, 2001).

No entanto, é praticamente de consenso geral entre a comunidade científica que o clima da Terra tem vindo a alterar-se, sobretudo devido à crescente emissão de GEE, que resulta da intensificação do uso de combustíveis fósseis.

O relatório de síntese do IPCC (2001) assume de forma inequívoca que as emissões de GEE originadas pelas atividades humanas, são as principais causas para o aquecimento global do planeta e para a intensificação de fenómenos climáticos extremos, que terão efeitos à escala global, não só na subida do nível médio dos Oceanos (afetando milhões de pessoas que vivem nas zonas ribeirinhas), como também na distribuição e qualidade da água, nos sistemas de produção agrícola e de uma forma geral em toda a estrutura de equilíbrio dos ecossistemas.

Em 2000, o IPCC publica no seu relatório *Special Report on Emissions Scenarios* – SRES (N. Nakicenovic *et al.*, 2000) os primeiros cenários de previsão de alterações climáticas, com base nos GEE. Foram produzidos num total, 40 cenários possíveis agrupados em quatro famílias³⁶ principais: A1, A2, B1 e B2. A construção destes cenários envolvia

³⁶ A família A1 e B1 admitiam cenários de globalização num mundo mais homogéneo. Enquanto no cenário A1 se admitia um rápido crescimento económico, no cenário B1 admitia-se uma sustentabilidade ambiental à escala global. Na família A2 e B2, admitia-se cenários regionalizados, assumindo-se um mundo heterogéneo. O cenário A2 à semelhança do cenário A1 era orientado para o desenvolvimento económicos enquanto o cenário B2 era visto com um desenvolvimento local apoiado em políticas de sustentabilidade

diferentes variáveis como: as principais fontes de energia utilizadas, índice de desenvolvimento tecnológico, projeções do crescimento da população e projeções de desenvolvimento social e económico conforme ilustra a tabela

Estes cenários serviram de base aos trabalhos desenvolvidos no terceiro³⁷ e quarto³⁸ relatório do IPCC, tendo por base um conjunto de modelos climáticos conhecidos como projeto de intercomparação de modelos, denominados de CMIP3 – *Couple Model interer Project* (Meehl *et al.*, 2007), que resultaram da terceira fase do grupo de trabalho de modelação climática (*Working Group on Coupled Modelling – WGCM*) do programa mundial de investigação climática (*World Climate Research Programme – WCRP*).

Em 2014, o IPCC publica o seu quinto relatório de avaliação (AR5³⁹), que integra os trabalhos dos grupos de trabalho I, II e III (*WG I: Climate Changes 2013 - The Physical Science Basis; WG II: Climate Changes 2014 – Impacts, Adaptation, and Vulnerability; WG III: Climate Change 2014 – Mitigation of Climate Change*).

Da contribuição do WGI, surgem um novo grupo de modelos que substituem os anteriores CMIP3 e que são denominados de CMIP5 (K. E. Taylor *et al.*, 2011), que resultam por sua vez de desenvolvimentos significativos nos métodos de avaliação dos modelos, traduzidos em mais de 20 novos grupos de modelos climáticos a uma escala detalhada, de projeções climáticas para diferentes regiões do globo. Estas projeções são estimadas para um período curto (até 2035) e para um período longo (até 2100).

O CMIP5 utilizou um conjunto mais abrangente de experiências e de modelos do que os disponíveis em intercomparações anteriores, nomeadamente o CMIP3.

No CMIP5, são identificados numa primeira fase os valores do forçamento radiativo. Numa segunda fase, cenários climáticos denominados de trajetórias representativas das concentrações ou RCP's - *Representative Concentration Pathways* (RCP2.6, RCPC4.5, RCP6.0, RCPC8.5). Cada RCP fornece apenas um de muitos cenários possíveis que dariam origem a um forçamento radiativo com características específicas (Bernardino & Espírito Santo, 2015)

ambiental. A família A1 e A2 dava maior ênfase aos aspetos económicos enquanto a família B1 e B2, foca-se mais nos aspetos de sustentabilidade ambiental.

³⁷ IPCC *Third Assessment Report – TAR* (IPCC, 2001).

³⁸ IPCC *Fourth Assessment Report – AR4* (IPCC, 2007).

³⁹ IPCC, *Fifth Assessment Report – AR5*.

Os novos cenários RCPs previstos no AR5 do IPCC diferem dos cenários SRES publicados anteriormente no AR4, sobretudo pelo fato de usarem como ponto de partida a força radiativa (W/m^2) e não a concentração de GEE (Moss *et al.*, 2010; van Vuuren *et al.*, 2011).

Paralelamente aos RCPs, foram desenvolvidos cinco cenários económicos, denominados de trajetórias socioeconómicas ou SSP's - *Shared Socioeconomic Pathways* (SSP1, SSP2, SSP3, SSP4, SSP5) (Arnell *et al.*, 2011; Kriegler *et al.*, 2012; Nebojsa Nakicenovic *et al.*, 2014).

Os RCPs que foram utilizados para produzir projeções baseadas nesses fatores descrevem quatro caminhos (*pathways*) diferentes que levam à evolução dos GEE e à sua concentração na atmosfera, emissões de poluentes e uso do solo. Estes RCPs incluem: um cenário de mitigação (RCP2.6), dois cenários intermédios (RCP4.5 e RCP 6.0) e um cenário com uma taxa de emissão de GEE muito elevada (RCP8.5). Os cenários que não incluem esforços adicionais na contenção de emissões levam a caminhos entre o RCP6.0 e RCP8.5. O RCP2.6 representa um cenário que tem como objetivo manter o aumento global da temperatura abaixo dos 2°C em comparação com temperaturas da era pré-industrial Figura 36.

De acordo com Bernardino & Espírito Santo (2015), o aumento da temperatura global à superfície para o período 2016-2035 relativamente a 1986-2005 é semelhante para os quatro RCPs estimando-se valores entre 0,3°C e 0,7°C. No entanto é a partir da metade do século XXI que a magnitude da mudança climática sofre alterações significativas de acordo com o cenário escolhido, como ilustra a Tabela 14.

Tabela 14 – Média das projeções do aquecimento global e da subida do nível do mar

	Projeções de Aquecimento Global (°C)		Projeções da subida do Nível do Mar (m)	
	2046-2065	2081-2100	2046-2065	2081-2100
	Média e intervalo estimado	Média e intervalo estimado	Média e intervalo estimado	Média e intervalo estimado
RCP2.6	1.0 (0.4 a 1.6)	1.0 (0.3 a 1.7)	0.24 (0.17 a 0.32)	0.40 (0.26 a 0.55)
RCP4.5	1.4 (0.9 a 2.0)	1.8 (1.1 a 2.6)	0.26 (0.19 a 0.33)	0.47 (0.32 a 0.63)
RCP6.0	1.3 (0.8 a 1.8)	2.2 (1.4 a 3.1)	0.25 (0.18 a 0.32)	0.48 (0.33 a 0.63)
RCP8.5	2.0 (1.4 a 2.6)	3.7 (2.6 a 4.8)	0.30 (0.22 a 0.38)	0.63 (0.45 a 0.82)

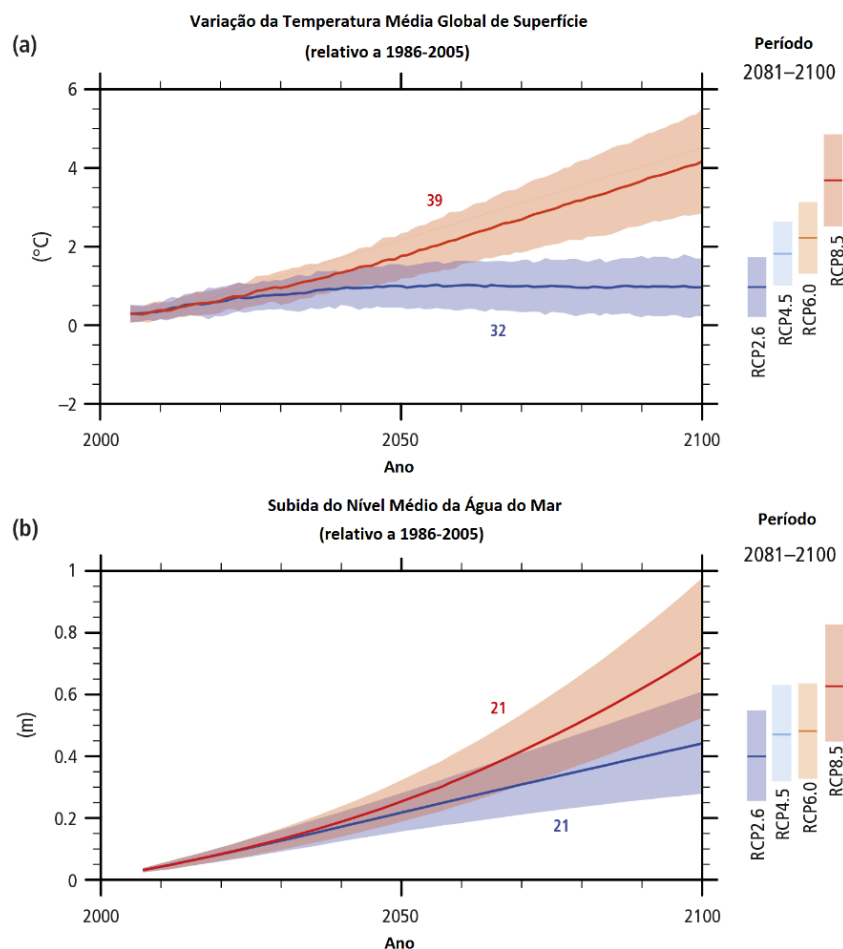


Figura 36 – (a) variação da temperatura média global da superfície; (b) subida do nível médio da água do mar, para os períodos de 2006 e 2100 em relação ao período de 1986-2005 (adaptado de IPCC, 2013).

De acordo com o IPCC (2013), as emissões antropogénicas dos gases de efeito de estufa dependem principalmente dos seguintes fatores: dimensão da população, atividade económica, estilo de vida, utilização energética, padrões de uso do solo, tecnologia e políticas climáticas.

7.2 – APLICAÇÃO DO MODELO DE INTERAÇÃO ESPACIAL DO O USO DO SOLO À BACIA DE TAHADDART E ÁREAS ADJACENTES

O SIMLU V1.0 foi aplicado á bacia de Tahaddart e áreas adjacentes, num processo que envolveu as seguintes etapas:

1ª Etapa - recolha de dados, sobre população, emprego, atividades económicas e produtividades dos principais setores económicos da região de Tanger-Tétouan-Al Hoceima. Ainda nesta fase do trabalho, recolheu-se os dados relativos às variáveis climáticas da região, orografia, solos e ocupação do território;

2ª Etapa - definiu-se as principais atividades económicas com ocupação do território e foram determinadas aptidões do solo para cada atividade, de acordo com a metodologia apresentada no capítulo 6;

3ª Etapa - tratamento dos dados relativos à população, determinação de emprego básico, coeficientes de produtividade e consumo por setor de atividade;

4ª Etapa - introdução dos dados no SIMLU V1.0, calibração e validação do modelo;

5ª Etapa – aplicação do SIMLU V1.0 aos cenários RCP4.5 e RCP8.5 (IPCC, 2014).

7.2.1 – RECOLHA E TRATAMENTO DOS DADOS

Os dados relativos à população e ao emprego são provenientes do recenseamento geral da população (HCP, 2004), disponibilizados pela Direção da Estatística do Alto Comissariado para o Planeamento do Reino de Marrocos (*Direction de la Statistique du Hau Commissariat au Plan du Royaume du Maroc*). A informação é disponibilizada por setor de atividade para cada comuna de cada região. Os setores de atividade foram reagrupados, de acordo com os principais usos verificados para a bacia de Tahaddart e áreas adjacentes, nomeadamente agricultura, urbano e industrial.

Tabela 15 – Distribuição da população e emprego por setor de atividade (HCP, 2004).

	Setores	Zona 1	Zona 2	Zona 3	Zona	Total
Emprego Básico	Urbano	83113	3558	0		86671
	Áreas Rurais	987	1278	3068		5332
	Regadio	0	587	361		948
	Sequeiro	89	579	5672		6340
	Pastagem	341	712	994		2047
	Floresta	15	20	72		107
Emprego Não Básico	Urbano	212249	26941	0		243190
	Áreas Rurais	4868	2997	4667		12532
	Regadio	0	595	370		965
	Sequeiro	216	626	5701		361
	Pastagem	67	27	15		110
	Floresta	100	40	79		219
População		696397	55317	67135		818849
Emprego Básico Total		84544	6734	10167		101445
Emprego Não Básico Total		221797	31948	11864		265609

A Tabela 15 apresenta a distribuição do emprego básico e do emprego não básico por setor de atividade. De salientar, que o emprego básico foi calculado através do método quociente de localização⁴⁰ (Isard, 1960; McCann, 2010).

De acordo com os dados disponibilizados pelo *Ministère de l'Agriculture et de la Pêche Maritime* (MAPM, 2012) e pela *Agence pour le Développement Agricole du Royaume du Maroc* (ADA, 2012) referentes à produção agrícola e à superfície agrícola útil, para a área de estudo, adaptou-se os valores da superfície agrícola útil às atividades utilizadas definidas inicialmente (Tabela 16). Estes dados foram utilizados para a determinação dos coeficientes de ocupação⁴¹ para cada atividade.

Tabela 16 – Área (hectares) ocupada por setor de atividade (MAPM, 2012)

Setor de Atividade	Zona 1	Zona 2	Zona 3
Urbano	6175	797	282
Áreas Rurais	16613	4596	5433
Culturas de Regadio	0	1735	6900
Culturas de Sequeiro	3769	6441	58808
Pastagem	4948	8990	12200
Floresta	3784	1949	4941

⁴⁰ O Quociente de localização (QL_{ik}) compara a importância relativa do setor k na unidade territorial I com a que o mesmo setor detém no espaço de referência. Avalia-se dessa forma em que medida a unidade territorial é especializada no setor k relativamente ao espaço de referência. O valor de referência na interpretação deste indicador é um. Nesse caso, a importância relativa do setor k na unidade territorial I é igual à que o setor k tem no espaço de referência. Se o quociente de localização for superior a um, o setor k tem maior importância a nível de unidade territorial do que no espaço de referência e, nesse sentido, a unidade territorial I é relativamente especializada no setor k . o setor k constitui um polo de especialização relativa da unidade territorial i . se o quociente de localização é menor que um, a unidade territorial I não é relativamente especializada no setor k , dado este ter menor importância relativa nessa unidade territorial do que no espaço de referência (Delgado & Godinho, 2011). A sua fórmula geral é: $QL_{ik} = \frac{x_{ik}}{x_i} \cdot \frac{x_k}{x}$, $QL_{ik} \geq 0$,

⁴¹ O coeficiente de ocupação é um valor indicativo da área (hectares) ocupada por cada emprego em cada setor de atividade, é definido no Capítulo I como θ_k .

7.2.2 – APLICAÇÃO DO SIMLU VI.0 A TAHADDART, CALIBRAÇÃO E VALIDAÇÃO DO MODELO.

Os dados relativos a população, emprego, distância entre zonas e áreas de aptidão a cada atividade considerada, são introduzidos diretamente no modelo e os processos de calibração e simulação são efetuados através dum *script* desenvolvido em Visual Basic.

Das três zonas consideradas (Zona 1, Zona 2, Zona 3), foi adicionada uma Zona 4, denominada de zona externa. Esta zona externa funciona para o modelo, como a interação entre o território que se pretende analisar (Tahaddart e áreas adjacentes) e o exterior. No caso de não termos uma zona que representasse o exterior, estaríamos a admitir um espaço fechado, isolado, quase uma experiência laboratorial. Com a inclusão de uma zona externa, admitimos um enquadramento mais realista, uma vez que a sociedade tal como a conhecemos, depende de relações e trocas comerciais não só internamente, como também com o exterior.

A distância média calculada em quilómetros entre cada zona, para a bacia de Tahaddart e áreas adjacentes é apresentada na Tabela 17.

Tabela 17 – Matriz das distâncias (km) para a bacia de Tahaddart e áreas adjacentes

	Zona 1	Zona 2	Zona 3	Zona Externa
Zona 1	2,70	26,30	63,00	32,00
Zona 2	26,30	3,10	41,00	58,30
Zona 3	67,33	41,00	4,90	99,33
Zona Externa	32,00	58,30	99,33	0,00

O cálculo das distâncias dentro de cada zona é efetuado com base na Equação (17). Para a zona externa⁴², admitiu-se a distância de 32 km, que corresponde à distância entre o porto de Tanger e o porto de Tarifa (Espanha).

$$d_{ij} = \frac{\sqrt{\frac{\pi}{A_i}}}{2} \quad (17)$$

onde d_{ij} é a distância entre o ponto de referência de cada uma das zonas e A_i a área total da zona.

⁴² O cálculo da distância comercial externa, envolve o custo de embarque e desembarque e ainda uma fração da distância por mar até ao porto externo mais solicitado (J. F. Fernandes *et al.*, 2008).

A Tabela 18 apresenta os fatores endógenos especializados e que se encontram explicados na formulação do modelo de interação no Capítulo 5.

Tabela 18 – Fatores endógenos para a bacia de Tahaddart e áreas adjacentes.

Setor de Atividade	s_k	CR_s (km)	θ_k (emprego/hectare)
Urbano	0,19115	6,7	0,0149
Áreas Rurais	0,02418	4,2	1,023
Culturas de Regadio	0,00014	21,9	7,054
Culturas de Sequeiro	0,00044	3,5	9,267
Pastagem	0,00013	9,0	11,402
Floresta	0,00027	22,1	31,004
r	2,939525		
CR_e (km)	6,0		
ρ (hectare)	0,04		
S	0,21630		

7.2.3 – CALIBRAÇÃO DO SIMLU VI.0

Tal como foi apresentado no capítulo 5, esta fase implica a calibração dos parâmetros α e β_k , de forma a que os custos estimados sejam próximos dos custos reais. Nesta versão do SIMLU (VI.0) utilizada para a bacia de Tahaddart e áreas adjacentes, este processo de calibração foi efetuado recorrendo à extensão *Solver* do Excel. As restrições mantêm-se, ou seja, a área ocupada por cada setor de atividade numa determinada classe de aptidão em determinada zona não pode ser superior à área disponível dessa mesma classe de aptidão nessa mesma zona e a população por zona tem que convergir para a população real.

A Tabela 19 relaciona os valores das áreas das classes de aptidão, determinadas previamente pelo modelo geográfico com os valores ocupados e que resultam da calibração do modelo, enquanto a Tabela 20 permite-nos relacionar os valores de ocupação real (MAPM, 2012) utilizados no processo de calibração com os valores que resultam do processo de calibração do SIMLU VI.0 e ainda os dados do relatório da ADA (2012) referentes ao ano de 2009 e que foram utilizados na fase seguinte de validação do modelo.

Tabela 19 – Classes de Aptidão (áreas disponíveis/áreas ocupadas em ha).

	Classe	Zone 1	Zone 2	Zone 3	Total
Área Disponível	Classe 1	1904,2	2767,6	2680,9	7352,7
	Classe 2	182,0	2901,0	2156,7	5239,7
	Classe 3	0,0	238,5	14,2	252,7
	Classe 4	371,8	319,1	734,5	1425,4
	Classe 5	1500,0	789,6	1836,4	4125,9
	Classe 6	0,0	3334,8	2183,2	5518,1
	Classe 7	1362,1	8921,9	30300,8	40584,7
	Classe 8	0,0	3743,5	13686,0	17429,5
	Classe 9	0,0	0,0	0,0	0,0
	Classe 10	0,0	0,0	0,0	0,0
	Classe 11	9247,4	3220,0	20653,7	33121,1
	Classe 12	6076,8	2204,9	0,0	8281,7
	Classe 13	16648,7	9522,9	36682,2	62853,8
	Classe 14	894,4	11489,8	9107,4	21491,7
	Total	38187,2	49453,7	120036,0	207676,9
Área Ocupada	Classe 1	2043,3	1288,1	2659,1	5990,6
	Classe 2	433,6	1302,2	2079,2	3815,0
	Classe 3	0,0	295,6	67,7	363,3
	Classe 4	501,0	135,9	813,9	1450,8
	Classe 5	1541,5	424,1	2261,9	4227,5
	Classe 6	0,0	4913,2	2157,6	7070,7
	Classe 7	1370,8	8391,3	28778,1	38540,2
	Classe 8	0,0	2322,6	13878,3	16201,0
	Classe 9	0,0	0,0	0,0	0,0
	Classe 10	0,0	0,0	0,0	0,0
	Classe 11	5912,5	3141,1	14222,9	23276,5
	Classe 12	5988,6	469,9	0,0	6458,6
	Classe 13	1539,6	798,9	2207,7	4546,2
	Classe 14	0,0	0,0	0,0	0,0
	Total	19330,9	23483,0	69126,5	111940,4

Tabela 20 – Relação entre a ocupação real (MAPM, 2012), a ocupação do relatório da ADA (2012) e a ocupação resultante da calibração do SIMLU V1.0 (ha)

	Uso	Zone 1	Zone 2	Zone 3	Total
Ocupação Real (MAPM)	Urbano	6175	797	282	7254
	Áreas Rurais	16613	4596	5433	26642
	Regadio	0	1735	6900	8635
	Sequeiro	3769	6441	58808	69017
	Pastagem	4948	8990	12200	26138
	Floresta	3784	1949	4941	10673
	Total	35289	24507	88563	
Ocupação (ADA)	Urbano	7351	949	336	8636
	Áreas Rurais	18964	5247	6201	30412
	Regadio	0	1854	7374	9228
	Sequeiro	4464	7629	69656	81749
	Pastagem	6124	11126	15099	32349
	Floresta	4873	2509	6362	13475
	Total	41777	29314	105028	
Ocupação SIMLU V1.0	Urbano	5881	759	269	6908
	Áreas Rurais	15673	4336	5125	25134
	Regadio	0	1701	6765	8465
	Sequeiro	3659	6253	57095	67008
	Pastagem	4899	8901	12079	25878
	Floresta	3692	1901	4820	10413
	Total	33805	23850	86152	

A Figura 37 apresenta graficamente a correlação entre os dados simulados pelo SIMLU VI.0 e os dados de ocupação real oficial divulgados pelo MAPM (2012), para o ano de 2011.

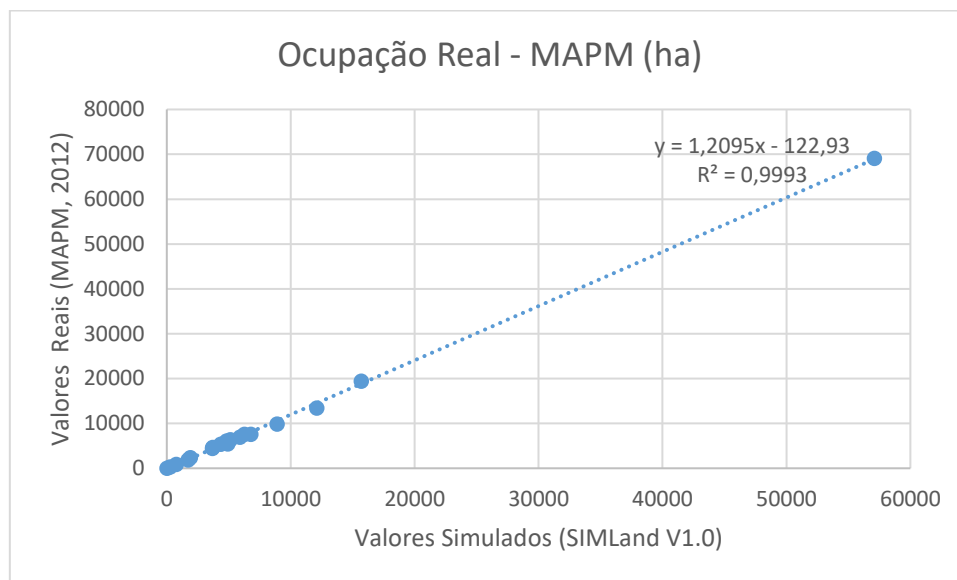


Figura 37 – correlação entre os valores de ocupação real (MAPM, 2012) e os valores simulados no SIMLU VI.0.

O valor do R^2 situa-se muito próximo de 1, indicando uma forte correlação entre os dados. Todos os parâmetros de calibração foram efetuados em função dos dados de ocupação do território disponibilizados para o ano de 2011 pelo MAPM. É importante aqui salientar, que os dados relativos à população e ao emprego são os dados provenientes do recenseamento geral da população (RGPH, 2004), que foram utilizados tanto nos processos de calibração como nos processos de validação.

7.2.4 – VALIDAÇÃO DO SIMLU VI.0

No processo de validação do modelo, foram utilizados os dados provenientes do relatório da ADA (2012) que se referem à ocupação de 2009. A Figura 38 apresenta graficamente a correlação entre os dados com um R^2 de 0,98.

De referir ainda que os dados da ADA (2012), estão agrupados de acordo com a classificação do projeto CORINE Land Cover (EEA, 2011), pelo que houve necessidade de agrupar de acordo com a classificação oficial do MAPM.

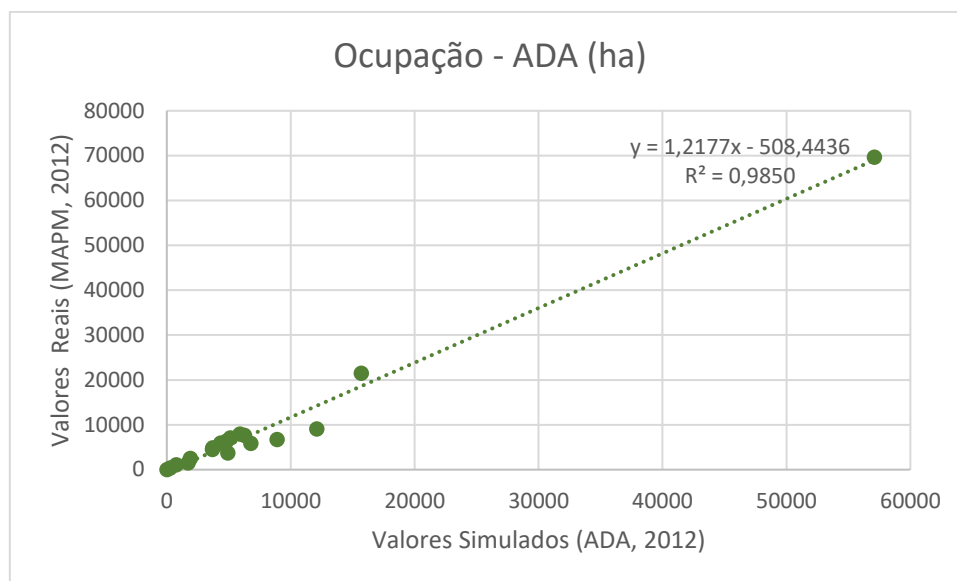


Figura 38 - correlação entre os valores de ocupação real (MAPM, 2012) e os valores da ADA (2012).

O modelo foi validado com os dados provenientes do relatório da ADA (2012) para o ano de 2009. No entanto é importante salientar, que para uma validação tecnicamente completa, seria necessário utilizar valores de emprego e população de outra série temporal e compará-los à ocupação do território para esse período. No entanto, só existiam projeções de população para 1994 e que não abrangia de forma detalhada a zona de Tahaddart e não existia nenhuma carta de ocupação do solo, nem dados de ocupação do solo por comuna que se pudesse correlacionar.

Com o modelo validado, procedeu-se á representação espacial da ocupação da zona de Tahaddart, em forma de mapa, utilizando o ArcGis 10.2. Utilizou-se a distância euclidiana para cada atividade, que permite definir a posição relativa no espaço, face à sua aptidão, de cada setor de atividade. Uma vez que determinados pontos têm aptidão à mesma atividade (e competem pelo espaço) foi necessário utilizar um critério de distribuição, estabelecendo uma hierarquia de ocupação tal como fez Von Thünen⁴³ em 1826, ainda que não obedeça à mesma ordem do economista Alemão do século XIX. Desta forma definiu-se a seguinte hierarquia de ocupação do território: urbano, zonas rurais, regadio, sequeiro, pastagem e floresta.

⁴³ A hierarquia dos anéis de von Thünen é: urbano, horticultura intensiva, silvicultura (a lenha era a fonte de energia primária no início do século XIX), produção de cereais, sistemas rotativos de cultura, pastagem e floresta natural.

A Figura 39 ilustra a ocupação do território de acordo com os dados provenientes do SIMLU VI.0. De notar, que os temas *Corpos de Água* e *Zonas Húmidas* foram adicionados com base no trabalho de Antonillini *et al.* (2014), uma vez que no modelo estes espaços não são ocupados por nenhuma atividade considerada uma vez que não têm aptidão.

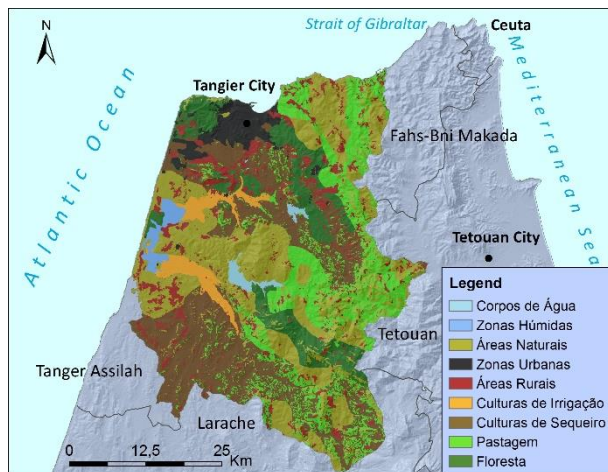


Figura 39 – Carta de ocupação do uso do solo (SIMLU VI.0).

7.3 – SIMULAÇÃO DA OCUPAÇÃO DO USO DO SOLO PARA OS CENÁRIOS DO IPCC (2014)

Para a simulação da ocupação do uso do solo, perante os cenários de alterações climáticas propostas pelo IPCC (AR5) para o ano de 2099, selecionou-se um cenário de emissão intermédia de GEE (RCP4.5) e um cenário de emissão elevado de GEE (RCP8.5).

Foram admitidas duas situações possíveis para cada cenário. Um cenário de ocupação parcial denominado de **a** e um cenário de ocupação total, denominado de **b**, em que:

- para **a**, admitiu-se que se mantém a mesma estrutura de produção, e que se as condições climáticas não forem favoráveis para a produção de determinada cultura numa zona, os terrenos são abandonados;

- para **b**, admitiu-se que se as condições climáticas não forem favoráveis para a produção de determinada cultura, a estrutura produtiva reajusta-se e esses mesmos espaços de produção são substituídos por outras culturas, ainda que de rendimento inferior, mas que o terreno nunca é abandonado.

Em todas as simulações, manteve-se os parâmetros calibrados face a 2012, não se admitindo variações de produção nem inovação tecnológica.

Para cada cenário RCP's foram calibrados de novo os parâmetros α e β_k , que se reajustam face à nova distribuição das áreas e foi recalculado os valores de emprego face às novas áreas disponíveis.

7.3.1 - RESULTADOS

Foi necessário determinar novas classes de aptidão do uso do solo, que incorporam as variáveis climáticas utilizadas, temperatura média anual e precipitação anual acumulada. Foram utilizadas as projeções, para cada uma das variáveis acima enumeradas, à escala local RCM's (*Regional Climate Models*) da região 12 desenvolvida para o projeto MED-Cordex, que abrange toda a Europa e a Costa do Norte de África, onde se inclui a região de Tetouan-Tangier no Noroeste de Marrocos.

As projeções do cenário RCP4.5 e RCP8.5 são proporcionadas pelo modelo regional climático para a atmosfera – RCM do TIER1, MED 11 para o período de 2006-2100, onde são utilizadas as séries de correção do período 1979-2012 para os RCM (Aladin 5.2, CNRM-CM5) com uma resolução de 12 km (0,11°).

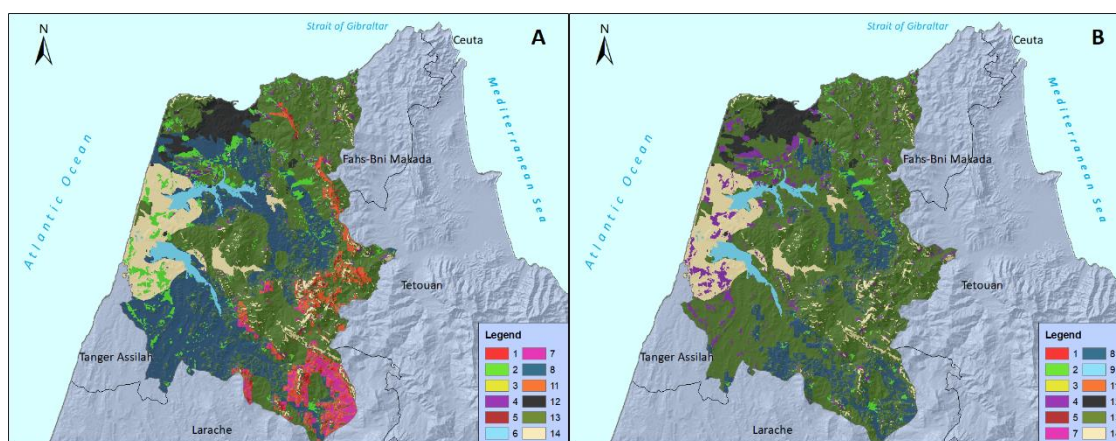


Figura 40 – Classes de aptidão do uso do solo (A- RCP4.5; B – RCP8.5)

A Figura 40 ilustra as classes de aptidão para o cenário RCP4.5 e para o cenário RCP8.5, que resultam da aplicação do modelo geográfico das variáveis climáticas projetadas e dos solos e do declive utilizados para o cenário de referência de 2011.

Tabela 21 – Áreas disponíveis (ha)

		Urbano	Áreas Rurais	Regadio	Sequeiro	Pastagem	Floresta
Cenário 2011	Zone 1	6077	3958	0	3448	14014	31216
	Zone 2	2205	6777	3573	21907	15938	35759
	Zone 3	0	7408	2198	51022	55486	110929
Cenário RCP4.5	Zone 1	5982	3896	0	3394	885	30728
	Zone 2	2170	6594	3485	21439	710	35075
	Zone 3	0	7293	2166	50225	15415	109195
Cenário RCP8.5	Zone 1	6077	3958	0	2285	5	35764
	Zone 2	2205	6777	3573	5085	5	35764
	Zone 3	0	7408	2198	22008	5	110934

A Tabela 21 apresenta os valores das áreas disponíveis para cada um dos cenários avaliados enquanto a Tabela 22 apresenta a relação entre o emprego básico por zona e setor de atividade para cada cenário. É importante realçar que na Tabela 22 o cenário atual resulta da calibração dos dados, onde a distribuição dos empregos básicos e não básicos corresponde à distribuição já anteriormente apresentada na Tabela 15, no entanto a distribuição da população simulada para o cenário atual já não é a mesma que os valores apresentados anteriormente que provêm do Recenseamento Geral da População de 2004.

Tabela 22 – Relação entre o emprego básico e o emprego não básico.

		Zona 1	Zona 2	Zona 3	Zona Externa	Total	
Cenário Actual	EB	Urbano	83113	3558	0	0	86671
		Área Rurais	987	1278	3068	0	5333
		Regadio	0	587	361	0	948
		Sequeiro	88	580	5672	0	6340
		Pastagem	341	712	994	0	2047
		Floresta	15	20	72	0	107
		Urbano	133135	23384	0	0	156519
	ENB	Área Rurais	3882	1719	1599	12602	19802
		Regadio	0	8	9	94	111
		Sequeiro	127	46	29	158	360
		Pastagem	36	15	14	45	110
		Floresta	72	42	47	58	219
		População	696512	56228	66111	-	818851
		Emprego Total	221796	31949	11865	12957	278567
Scenario RCP4.5 (a)	EB	Urbano	83113	3558	0	0	86671
		Área Rurais	987	1278	3068	0	5333
		Regadio	0	493	323	0	816
		Sequeiro	56	612	5672	0	6340
		Pastagem	22	17	375	0	414
		Floresta	15	20	72	0	107
		Urbano	131282	22514	0	0	153796
	ENB	Área Rurais	3550	1407	1605	12894	19456
		Regadio	0	7	9	93	109
		Sequeiro	155	37	29	133	354
		Pastagem	6	3	11	87	107
		Floresta	70	41	46	58	215
		População	686818	51412	66375	-	804605
		Emprego Total	219256	29987	11210	13265	273718
Scenario RCP4.5 (b)	EB	Urbano	83113	3558	0	0	86671
		Área Rurais	987	1313	3068	0	5368
		Regadio	0	493	323	0	816
		Sequeiro	56	1478	5682	0	7216
		Pastagem	22	17	375	0	414
		Floresta	19	25	72	0	116
		Urbano	131421	23795	0	0	155216
	ENB	Área Rurais	3554	1502	1672	12908	19636
		Regadio	0	8	9	93	110
		Sequeiro	156	39	30	133	358
		Pastagem	6	3	12	88	109
		Floresta	71	42	47	58	218
		População	687546	55329	69157	-	812032
		Emprego Total	219405	32273	11290	13280	276248
Scenario RCP8.5 (a)	EB	Urbano	83113	3558	0	0	86671
		Área Rurais	987	1278	3068	0	5333
		Regadio	0	384	251	0	635
		Sequeiro	58	133	2439	0	2630
		Pastagem	0	0	0	0	0
		Floresta	15	20	72	0	107
		Urbano	130535	16620	0	0	147155
	ENB	Área Rurais	2966	1378	897	13376	18617
		Regadio	0	7	5	92	104
		Sequeiro	90	32	16	201	339
		Pastagem	0	0	0	103	103
		Floresta	71	43	38	54	206
		População	682911	49872	37075	-	769858
		Emprego Total	217835	23453	6786	13826	261900
Scenario RCP8.5 (b)	EB	Urbano	83113	3558	0	0	86671
		Área Rurais	987	1378	3268	0	5632
		Regadio	0	384	251	0	635
		Sequeiro	69	283	2569	0	2921
		Pastagem	0	0	0	0	0
		Floresta	15	20	102	0	137
		Urbano	130606	17508	0	0	148114
	ENB	Área Rurais	2968	1440	947	13383	18738
		Regadio	0	7	5	92	104
		Sequeiro	90	33	17	201	341
		Pastagem	0	0	0	104	104
		Floresta	71	43	39	54	207
		População	683282	52428	39165	-	774875
		Emprego Total	217919	24654	7198	13834	263605

EB – Emprego Básico

ENB – Emprego Não Básico

7.3.1.1 – Cenário RCP4.5

Da análise dos resultados para o cenário RCP4.5 e comparando com o cenário de referência de 2011, notamos um ligeiro decréscimo na população total, ainda que as zonas urbanas permaneçam praticamente inalteradas. Verifica-se um decréscimo de 14244 habitantes em toda a área de estudo no cenário de ocupação parcial RCP4.5 (a), que representa cerca de 1,7 % da população total no cenário de referência. Para o cenário de ocupação total, RCP4.5 (b), assiste-se também a uma redução da população, ainda que de forma menos acentuada, com um decréscimo de cerca de 6818 habitantes, aproximadamente 0,8 % comparativamente ao cenário de referência.

Estas alterações da estrutura demográfica verificam-se sobretudo nas zonas rurais, onde a agricultura se assume como principal atividade económica. No meio rural, o setor ligado à pastorícia é o mais afetado, uma vez que a sua área de aptidão diminui substancialmente devido ao decréscimo acentuado de precipitação previsto para a região.

Para as culturas de regadio, Antonellini *et al* (2013), estima que para o cenário RCP4.5, as áreas de aptidão possam decrescer cerca de 10% devido à subida no nível do mar e a conseqüente intrusão salina nas áreas de cultivo próximas da costa e ainda pelo volume de água disponível a montante sofrer uma redução, onde o primeiro impacto será na diminuição da utilização deste recurso para agricultura de regadio. Ainda que o modelo não contemple a intrusão salina como um possível *input*, assim como o volume de água armazenado, as previsões em termos de emprego foram tidas em consideração para este setor sobretudo nas zonas 2 e 3 onde o regadio assume uma dimensão bastante expressiva.

A simulação RCP4.5 (b) revela um impacto menor face à simulação RCP4.5 (a), não apenas em relação à sua estrutura socioeconómica e demográfica, mas também na relativamente à ocupação do solo. Tal acontece, porque esta simulação assume uma ocupação total do território, assumindo-se uma substituição de cultura. Algumas áreas que deixam de ter aptidão à utilização como pastagens, desde que as qualidades dos solos permitam, são substituídas por culturas de sequeiro tal como acontece em certas áreas de regadio.

Ainda que no cenário RCP4.5 (b) seja admitido uma substituição de culturas, as culturas de sequeiro, sobretudo face às culturas de regadio, requerem menos mão-de-obra por área

de cultivo. Além do mais, são culturas que apresentam uma produção menor e uma consequente quebra de receita.

A ocupação florestal aumenta no cenário RCP4.5 (b), uma vez que as áreas ao deixarem de ser ocupadas por pastagem podem ser ocupadas por floresta, no entanto apesar do emprego básico aumentar significativamente, o emprego não básico associado a este uso mantém-se praticamente inalterado. Por outro lado, as áreas urbanas, são muito pouco afetadas, tanto para o cenário de ocupação parcial como para o cenário de ocupação total, mantendo praticamente inalterada toda a sua estrutura.

A simulação RCP4.5 (b) apresenta um menor impacto face à simulação RCP4.5 (a), sobretudo no que se refere à dinâmica das populações. Em termos de emprego, o decréscimo é inferior no primeiro cenário face ao segundo, no entanto nota-se que a estrutura socioeconómica das comunidades rurais entra em declínio em ambos os cenários. Quanto à ocupação do território, este sofre modificações na sua matriz padrão, ilustrada na Figura 41.

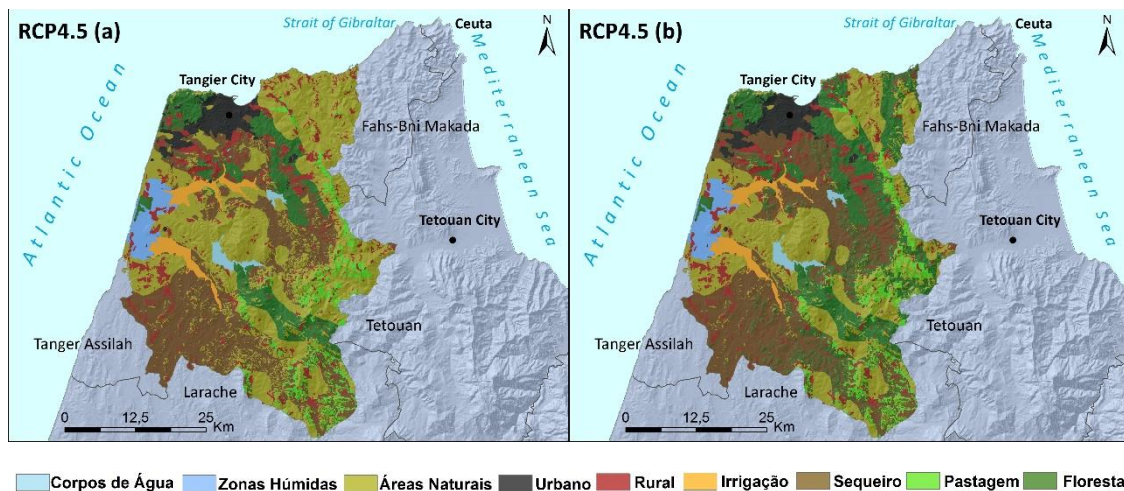


Figura 41 – Ocupação do uso do solo (RCP4.5a - ocupação parcial; RCP4.5b – ocupação total).

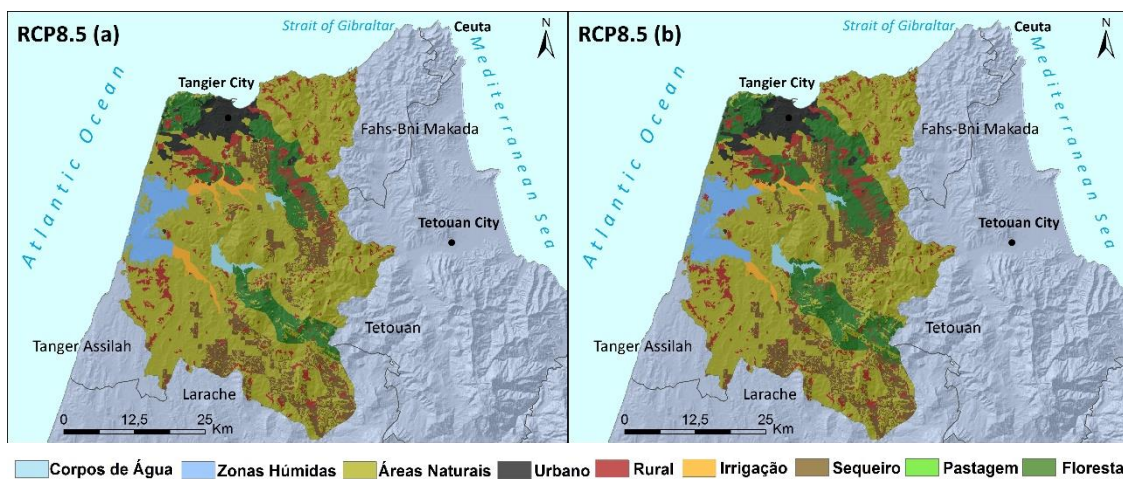
7.3.1.2 – Cenário RCP8.5

O cenário RCP8.5 é aquele que assume maiores impactos em toda a região. Este cenário assume um longo período de emissões de GEE face ao RCP4.5, alterando significativamente a distribuição normal das variáveis climáticas. Além da subida da temperatura média anual para valores acima do 3°C, a precipitação anual acumulada sofre uma redução próxima dos 30% face ao cenário de referência.

Em termos de ocupação do território e da sua distribuição normal das atividades ligadas ao uso do solo, a pecuária é a atividade mais afetada. Pela redução tão acentuada da precipitação acumulada, os terrenos utilizados como pastagem alteram-se para terrenos secos, eliminando as condições naturais existentes na atualidade de manejo extensivo na agropecuária verificado por toda a região.

À semelhança do cenário RCP4.5 (b), também no cenário RCP8.5 (b), as áreas que deixam de ter aptidão para pastagem são convertidas em culturas de sequeiro, desde que as condições de relevo e qualidade dos solos o permitam. Ao mesmo tempo, é necessário ter em conta que as culturas de sequeiro também têm requisitos hídricos mínimos a serem cumpridos de forma a proporcionar colheitas adequadas. Com o decréscimo da precipitação, assistimos a uma diminuição de cerca de 58% da área de aptidão das culturas de sequeiro para a simulação efetuada para o cenário RCP8.5 (a), e de 53% para a simulação efetuada para o cenário RCP8.5 (b).

Relativamente às culturas de regadio, Antonellini *et al.* (2013), estima uma redução de cerca de 30% das áreas de aptidão, afetando toda a estrutura produtiva deste setor, nomeadamente nas zonas rurais (zona 2 e zona 3). Para este setor, estimou-se um decréscimo de cerca de 230 empregos básicos para o cenário RCP8.5 (a), que são compensados em cerca de 30% no cenário RCP8.5 (b) pela conversão de parte das áreas em culturas de sequeiro (Tabela 22).



A Figura 42 ilustra a ocupação potencial do uso do solo para os cenários de ocupação parcial e ocupação total (substituição de culturas), possibilitando uma análise em termos

geográficos da possível ocupação do território, face às mudanças climáticas projetadas para o cenário RCP8.5.

Em termos gerais, e para a zona de Tahaddart, estima-se uma redução de 6070 empregos básicos para o cenário RCP8.5 (a), com um impacto direto no decréscimo da população total de 48991 habitantes face a 2011 (6,0%).

Em relação ao cenário RCP8.5 (b) estima-se um impacto ligeiramente inferior, com uma perda de 5449 empregos básicos, que se traduz dum decréscimo da população em cerca de 43974 habitantes face a 2011 (5,4%).

7.4 – BID-RENTS

As *bid-rents* resultam do processo de calibração do SIMLU, de uma forma simplificada permitem-nos entender o decréscimo de rendimento verificado em cada cenário.

A Figura 43 ilustra a perda de rendimento tanto no cenário RCP4.5 (B) como no cenário RCP8.5 (C). No cenário atual, a maior pressão concentra-se naturalmente na cidade de Tânger no seu setor urbano. As zonas de regadio refletem uma pressão acentuada, que resulta do fato de se tratar da atividade agrícola praticada em Tahaddart com maior rendimento económico e com maior concentração de mão-de-obra por unidade territorial.

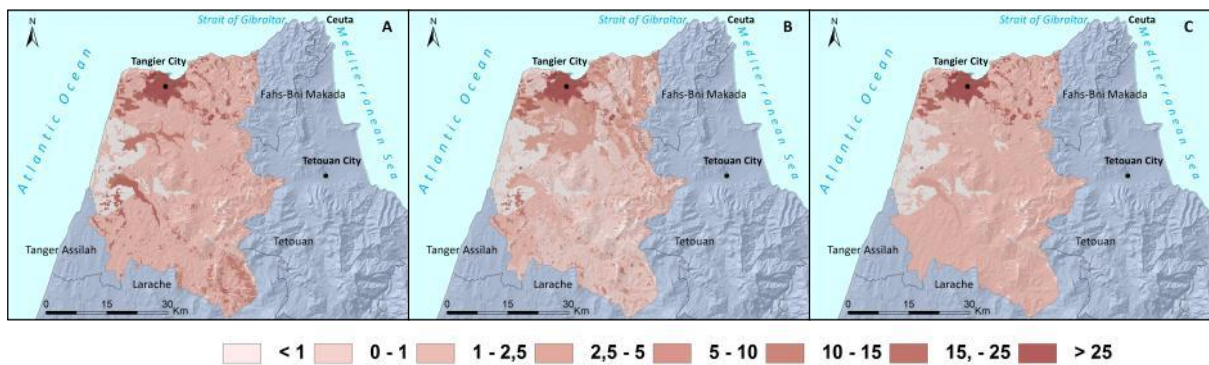


Figura 43 - *Bid-rents* (A- cenário de 2011; B – cenário RCP4.5b; C – cenário RCP8.5b)

Ao analisarmos os cenários de alterações climáticas, verificamos que a atividade urbana mantém o seu potencial, no entanto a periferia, suportada sobretudo pelas atividades agrícolas perde o seu poder económico. Decresce o rendimento das atividades agrícolas, algumas desaparecem praticamente na sua totalidade (como é o caso da pastagem no cenário RCP8.5) e mesmo quando se simula uma ocupação por substituição de culturas

(que suportem as novas condições climáticas), perde-se rendimento económico, pois as culturas de substituição têm menor produtividade e menor valor de mercado.

7.5 – DISCUSSÃO

Da simulação efetuada pelo SIMLU VI.0 com base nas projeções do AR5 do IPCC (2014), foi possível obter cenários de alteração socioeconómica da região de Tahaddart e a consequente alteração da ocupação do uso do solo.

Para cada cenário projetado pelo IPCC (2014) e utilizados neste trabalho (RPC4.5 e RCP8.5) foram definidas duas situações possíveis face à situação de referência verificada em 2011: os terrenos que deixam de ter aptidão para determinada atividade são abandonados (a) sendo a sua ocupação parcial, ou os terrenos que deixam de ter aptidão para determinada atividade, são ocupados com outras culturas (b) mantendo-se uma ocupação total face ao período de referência (2011).

A opção de substituição de cultura, nem sempre é possível efetuar, tal como foi possível observar na apresentação dos resultados, uma vez que existem condicionantes para cada cultura (exigências climáticas mínimas, declive e qualidade do solo). Esta substituição de cultura parte do princípio que a sociedade reage às novas condições impostas, neste caso de natureza climática. Esta mesma reação pode passar por uma adaptação de culturas, ou simplesmente por um abandono progressivo dos terrenos, provocando uma migração de parte da população ativa para outros setores de atividade noutras zonas que lhes proporcionem o mesmo ou melhor rendimento.

A opção (b) de substituição de culturas minimiza o impacto tanto no cenário RCP4.5 como no cenário RCP8.5, sobretudo do ponto de vista de ocupação do território, porque do ponto de vista social e económico esse efeito é menor, pois leva a um decréscimo da população ligeiramente inferior à verificada na situação de abandono dos terrenos.

Importa aqui discutir alguns aspetos relacionados com a calibração do modelo. Os dados utilizados sobre população e emprego, referem-se ao recenseamento geral da população (RGPH, 2004), que foi o primeiro recenseamento geral efetuado para Marrocos. Até esta data, apenas existiam projeções realizadas pelo Banco Mundial e pelo Departamento das Nações Unidas para Assuntos Económicos e Sociais (DESA-UN). Como tal, não foi possível utilizar para a calibração e validação do modelo, séries temporais anteriores a esta data.

Relativamente á ocupação do uso do solo sucedeu o mesmo que para a população. Em 2012 é publicado pelo MAPM, o primeiro relatório sobre a produção agrícola de Marrocos e a sua área produtiva (em forma de tabelas) devidamente desagregado por província. No mesmo ano, surge a primeira cartografia apresentada pela ADA (2012), tendo como referência o ano de 2011 para a ocupação do uso do solo.

Estes dados, limitaram a validação do modelo para Tahaddart, uma vez que para uma situação ideal, deveriam ser utilizados séries demográficas relativas a determinado período, que correspondessem a relatórios ou cartografia de ocupação do uso do solo para o mesmo período de referência. Posteriormente a sua validação, teria que ser efetuada com outras séries temporais para cada.

7.6 – CONCLUSÃO

Os novos cenários RCP's do AR5 (IPCC, 2013) ainda que apresentem como grande novidade no seu desenvolvimento o princípio do balanço radiativo, em termos absolutos, face aos cenários SRES apresentados no anterior relatório AR4 (IPCC, 2007), as consequências à escala global a longo prazo, não apresentam grandes alterações. As grandes alterações estão relacionadas com a localização regional onde se verificarão impactos de maior magnitude.

Os CMIP5 apresentaram-se como um instrumento fundamental para compreender os processos de alterações climáticas e permitem-nos entender, onde e a que escala as alterações climáticas terão maiores impactos com uma resolução muito superior á anterior (CMIP3).

Estes impactos são transversais em termos de escala global, e abrangem áreas como a qualidade e disponibilidade de água potável, disponibilidade de alimentos, saúde pública, uso do solo, ecossistemas e naturalmente a subida do nível médio das águas do mar (IPCC, 2014; Jabareen, 2013; Rümisch, 2009; Sugden *et al.*, 2014).

As projeções climáticas previstas nos cenários RCP4.5 e RCP8.5 preveem impactos significativos na variação de temperatura e precipitação em toda a bacia mediterrânica, afetando de forma intensa o Sul da Europa e o Norte de África (Filipe *et al.*, 2013; Ouled Belgacem & Louhaichi, 2013; Ulbrich *et al.*, 2013). A utilização SIMLU V1.0, para estimar os impactos sociais e económicos das alterações climáticas no uso do solo, envolveu variáveis climáticas (temperatura média anual e precipitação anual acumulada)

que resultam dessas mesmas projeções e que afetam o clima da região de Tahaddart no Noroeste de Marrocos.

As simulações realizadas fornecem um indicador futuro do comportamento das estruturas rurais da região, do potencial efeito das alterações climáticas na ocupação do território por parte das populações locais, nas alterações de produtividade do solo, resultando num redesenho da paisagem a longo prazo.

Ainda que algumas reconhecidas instituições internacionais (Bank, 2010; UN, 2009) prevejam um crescimento contínuo da população para os países do Norte de África, os resultados obtidos no modelo sugerem-nos o contrário, sobretudo o cenário mais extremo. No entanto, este trabalho não considera fatores sociais como o planeamento familiar ou os fluxos migratórios, internalizados no sistema.

É importante ter em conta, que o trabalho apenas reflete uma região de Marrocos, com forte influência da bacia do Mediterrâneo, fazendo mais sentido estender as conclusões a outras regiões do Magreb com características semelhantes que para o interior do Norte de África onde se encontra outra realidade.

Apesar das projeções climáticas serem muito semelhantes para o Sudoeste da Europa as condições socioeconómicas variam muito entre as diferentes regiões, com índices de produtividade e de consumo muito divergentes. Neste sentido, as projeções climáticas feitas à escala regional, quando transpostas para os cenários socioeconómicos locais, presume-se que apresentem resultados bastantes diferenciados.

O SIMLU VI.0 apresenta certas limitações que se prendem com a simplificação dos critérios climáticos e das atividades consideradas. Contudo esta simplificação facilita os processos de cálculo e limita o esvaziamento de variáveis que são difíceis de determinar e quantificar quando se trabalha com dados tão vulneráveis à sua alteração, como são o caso do emprego e das condições climáticas.

Por fim, uma última consideração na elaboração deste trabalho. As metodologias são desenvolvidas e apoiadas por novos recursos tecnológicos, financeiros e humanos. Em certos países, como é o caso de Marrocos, apesar de todo o esforço da comunidade científica nacional, existem muitas lacunas em termos de produção de informação que felizmente vão sendo ultrapassadas de uma forma progressiva, com o contributo e cooperação não só do país, como também da comunidade internacional, sobretudo a União Europeia.

CAPÍTULO 8

IMPACTOS DAS ALTERAÇÕES CLIMÁTICAS NO USO E NO VALOR DO SOLO – ILHA TERCEIRA

8 – IMPACTOS DAS ALTERAÇÕES CLIMÁTICAS NO USO E NO VALOR DO SOLO – ILHA TERCEIRA

8.1 - INTRODUÇÃO

A partir dos desenvolvimentos do SIMLU *V.1.0*, foram introduzidas melhorias no modelo, a começar logo pela sua capacidade de cálculo. Enquanto a primeira versão, para a bacia de Tahaddart e áreas adjacentes, foi unicamente desenvolvida no Microsoft Excel, para a ilha Terceira, utilizou-se o MatLab, aumentando de forma drástica a sua capacidade de cálculo, permitindo uma maior desagregação do território e que resultou numa segunda versão do modelo designada por SIMLU *V2.0*.

Nesta nova versão do modelo de interação espacial do uso do solo, foram introduzidos novos avanços nos processos de calibração, nomeadamente a introdução do filtro de Hyman e o modelo foi todo ele automatizado, resultando numa aplicação autónoma tal como foi descrito no capítulo 4.

8.2 - APLICAÇÃO DO MODELO DE INTERAÇÃO ESPACIAL COM O USO DO SOLO À ILHA TERCEIRA

No estudo na ocupação do solo para a ilha Terceira, foi utilizado o SIMLU *V2.0* desenvolvido em 2015, partindo da base anterior do *SIMLU V.1.0*, que permite uma maior desagregação, uma vez que a sua capacidade de cálculo se torna quase ilimitada, face à versão anterior utilizada na bacia de Tahaddart e áreas adjacentes.

A metodologia de trabalho envolveu a maioria das etapas de trabalho, definidas no Capítulo 6, com algumas alterações:

1ª Etapa – delimitação das zonas de estudo, recolha e tratamento dos dados relativos a: população, ocupação do território, emprego, agregação das principais atividades económicas, produtividade e consumo por setor económico, para a ilha Terceira.

Recolha de dados relativos às variáveis climáticas da Terceira, orografia, solos e ocupação do território;

2ª Etapa – determinação da aptidão do solo para cada atividade considerada, de acordo com a metodologia apresentada no capítulo 4;

3ª Etapa – realização de inquéritos junto dos agricultores sobre o valor dos solos agrícolas;

4ª Etapa – introdução dos dados no SIMLU V2.0, calibração e validação do modelo;

5ª Etapa – aplicação do SIMLU V2.0 aos cenários RCP4.5 e RCP8.5 (IPCC, 2014).

8.2.1 – EMPREGO

Numa primeira etapa do trabalho, definiu-se as zonas de estudo, de acordo com a Figura 44. A maioria das trinta freguesias que constituem a Terceira foi dividida em duas zonas, e algumas freguesias em três zonas (Santa Bárbara e Santa Cruz). Com esta separação, pretendeu-se desagregar as “zonas baixas⁴⁴” de cada freguesia, que corresponde à parte territorial que inclui a zona residencial, das “zonas altas” desabitadas e onde o seu território é ocupado normalmente por pastagens, floresta e zonas naturais.

Na freguesia de Santa Bárbara, foi definida uma terceira zona (37) que corresponde a toda a caldeira da serra de Santa Bárbara, uma zona natural e protegida, que neste estudo não se associa emprego aquela zona territorial. Também a freguesia de Santa Cruz (que inclui toda a cidade da Praia da Vitória) foi dividida em três zonas, não pela mesma razão da freguesia de Santa Bárbara, mas porque engloba parte da Base Aérea das Lajes e uma das premissas dum modelo de interação espacial é a sua tridimensionalidade, só é possível observar interação espacial com um mínimo de três pontos (Roy & Thill, 2004). Perante esta situação, a freguesia das Lajes que incorpora cerca de 80% da superfície da Base das Lajes e toda ela se encontra abaixo da cota dos 300m, foi dividida em duas zonas (18 e 34) e a freguesia de Santa Cruz em três zonas (2, 26, 48), ficando então a atividade económica relacionada com a base das Lajes, em termos de espaço distribuída em três zonas (18, 26 e 34), proporcionando desta forma a sua tridimensionalidade.

Na Figura 44, é possível ver a desagregação de todas as zonas incluídas no estudo (exceto a zona externa), onde cada freguesia está representada que permite entender melhor a divisão entre cada zona.

⁴⁴ As “zonas baixas”, correspondem a uma faixa de terreno à volta da ilha com uma cota até aos 300 m onde se encontra praticamente toda a zona residencial da ilha. Encontramos algumas habitações acima desta cota, nomeadamente nas freguesias do Posto Santo, Ribeirinha, Serreta ou Santa Bárbara, mas tratam-se de situações pontuais, que mesmo assim não ultrapassam muito a cota dos 300m. Sem nenhuma regulamentação nesta matéria, pode-se afirmar que foi o Homem que definiu ao longo dos séculos desde o povoamento até aos dias de hoje as condições de bio conforto climático, através da construção das suas moradias.

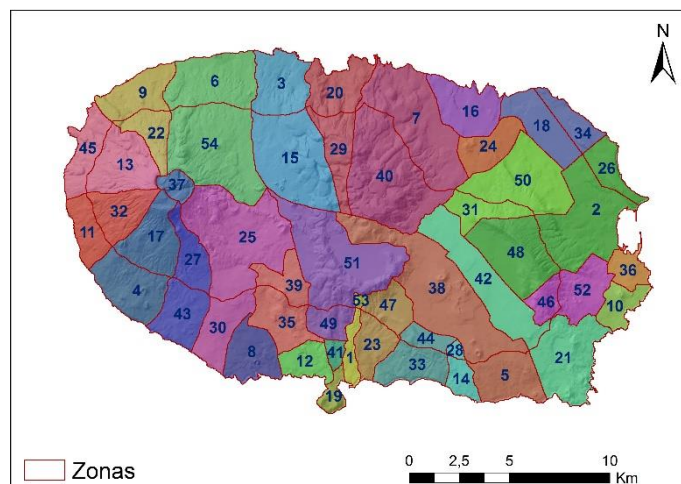


Figura 44 – Desagregação da ilha Terceira em 54 zonas.

Os dados relativos à população e ao emprego são provenientes do XV Recenseamento Geral da População – Censos 2011 (INE, 2012). A informação é disponibilizada por freguesia e por setor de atividade económica.

Das 54 zonas consideradas no território da ilha Terceira, foi considerada uma zona externa, tal como se considerou para Tahaddart, que representa o exterior. Foi calculada a distância média entre cada zona e a distância ao exterior. A distância ao exterior foi calculada de acordo com (J. F. Fernandes *et al.*, 2008) com o vetor de referência entre o porto da Praia da Vitória e o porto de Lisboa. Para o cálculo da distância interna, utilizou-se a fórmula da equação (17), também utilizada para Tahaddart.

Os setores de atividade foram reagrupados, de acordo com os principais usos verificados para a Terceira: setor Urbano (K1), Industrial (K2), Base das Lajes (K3) e setor Agrícola. Por seu lado, o setor agrícola foi dividido em quatro atividades principais, Hortifruticultura (K4), Agricultura (K5), Pastagem (K6) e Floresta (K7) e a distribuição dos empregos neste sector foi feita com base nas áreas da Superfície Agrícola Útil – SAL do Recenseamento Agrícola de 2009 para os Açores (SREA, 2011).

A Tabela 23 apresenta a desagregação do emprego por cada setor de atividade para cada zona considerada (numerada de 1 a 54) de acordo com a Figura 44.

Tabela 23 - Distribuição da população e emprego por setor de atividade (INE, 2012)

Freguesia	Zona	População	Emprego por Setor de Atividade Económica							Total
			K1	K2	K3	K4	K5	K6	K7	
Conceição I	1	3717	1636	18	4	0	2	3	0	1664
Santa Cruz I	2	5341	2315	24	15		47	27	2	2433
Biscoitos I	3	1424	692	8	1	11	11	17	2	743
Santa Bárbara I	4	1187	589	7	1	2	25	25	1	650
Porto Judeu I	5	2501	1189	13	3	2	14	26	0	1247
Altares I	6	901	439	5	1	4	28	39	1	517
Aqualva I	7	1432	686	8	1	4	35	58	4	797
São Mateus I	8	3757	1723	19	4	2	31	2	1	1780
Raminho I	9	565	286	3	1	0	17	18	1	326
Porto Martins i	10	1001	479	5	1	6	7	1	1	499
Doze Ribeiras I	11	513	262	3	1	0	6	19	0	291
São Pedro I	12	3460	1500	16	3	1	9	0	1	1529
Serreta II	13	0	0	0	0	0	0	19	3	22
Feteira I	14	1239	576	6	1	3	0	6	0	593
Biscoitos II	15	0	0	0	0	0	0	41	1	42
Vila Nova I	16	1678	785	9	2	2	47	1	1	845
Santa Bárbara II	17	87	32	1	0	0	0	39	1	73
Lajes I	18	3657	1592	17	3	1	27	0	0	1639
Sé I	19	955	417	4	1	0	0	0	0	423
Quatro Ribeiras I	20	394	198	2	0	1	10	16	3	231
São Sebastião I	21	2096	976	11	2	4	22	36	2	1053
Raminho II	22	0	0	0	0	0	0	17	1	19
São Bento I	23	2000	894	25	2	1	6	16	0	944
São Brás I	24	1088	496	5	1	4	21	8	0	535
São Bartolomeu II	25	0	0	0	0	0	1	77	4	81
Santa Cruz III	26	1292	565	6	148	0	10	0	1	730
Cinco Ribeiras II	27	0	0	0	0	0	1	30	0	31
Feteira II	28	0	0	0	0	0	0	1	0	1
Quatro Ribeiras II	29	0	0	0	0	0	0	3	1	4
São Bartolomeu I	30	1983	926	10	2	1	23	13	1	977
Fontinhas II	31	0	0	0	0	0	0	24	0	25
Doze Ribeiras II	32	0	0	0	0	0	0	25	1	25
Ribeirinha I	33	2684	1240	14	3	1	7	20	1	1286
Lajes II	34	87	40	0	538	0	5	0	0	584
Terra Chã I	35	2915	1298	14	3	2	11	15	1	1345
Cabo da Praia I	36	712	325	42	1	0	12	0	0	380
Santa Bárbara III	37	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Porto Judeu II	38	0	0	65	0	0	5	111	2	183
Terra Chã II	39	0	0	0	0	0	0	13	1	14
Aqualva II	40	0	0	0	0	0	0	39	7	46
Santa Luzia I	41	2755	1211	13	3	0	3	1	0	1231
São Sebastião II	42	0	0	0	0	0	4	75	1	79
Cinco Ribeiras I	43	704	338	4	1	1	24	17	0	385
Ribeirinha II	44	0	0	9	0	0	0	8	0	16
Serreta I	45	335	177	2	0	0	0	14	3	197
Fonte do Bastardo	46	0	0	0	0	0	0	15	1	16
São Bento II	47	0	0	42	0	0	1	20	1	63
Santa Cruz II	48	57	29	0	0	0	2	64	2	98
Posto Santo I	49	1048	468	5	1	1	3	12	1	491
Fontinhas I	50	1594	717	8	1	2	36	30	1	795
Posto Santo II	51	0	0	0	0	0	0	55	4	59
Fonte do Bastardo	52	1278	592	7	1	15	9	20	1	645
Conceição II	53	0	0	0	0	0	0	1	0	1
Altares II	54	0	0	0	0	0	1	84	2	86
Emprego Total	25686				450	750	77	523	1222	28772
População Total	56437									

K1 – Urbano; K2 – Industrial; K3 – Base das Lajes; K4 – Hortifruticultura; K5 – Agricultura; K6 – Pastagem; K7 - Floresta

Os valores referentes ao emprego total incluem cerca de 43% da população reformada (incluída no setor urbano), que foram tidos em consideração no cálculo do emprego básico.

O cálculo do emprego básico foi efetuado com base no índice de Herfindahl⁴⁵, encontrado apresentado na Tabela 24.

Tabela 24 – Distribuição do emprego básico por setor de atividade.

Freguesia	Zona	Emprego por Setor de Atividade Económica							Total
		K1	K2	K3	K4	K5	K6	K7	
Conceição I	1	964,2	0,0	0,0	0,2	2,0	2,7	0,0	969,2
Santa Cruz I	2	1385,4	0,0	10,0	1,7	43,9	24,0	1,4	1466,3
Biscoitos I	3	369,4	0,0	0,0	10,8	10,8	15,2	1,3	407,5
Santa Bárbara I	4	320,6	0,0	0,0	0,8	23,7	21,7	0,3	367,1
Porto Judeu I	5	648,8	0,0	0,0	0,8	12,3	22,9	0,0	684,8
Altares I	6	233,7	0,0	0,0	3,4	25,6	35,3	0,5	298,5
Agualva I	7	371,5	0,0	0,0	3,2	32,6	51,5	3,5	462,2
São Mateus I	8	974,6	0,0	0,0	0,2	29,2	1,4	0,3	1005,7
Raminho I	9	146,6	0,0	0,0	0,1	15,4	15,4	1,2	178,6
Porto Martins i	10	259,7	0,0	0,0	5,4	6,3	0,9	0,4	272,8
Doze Ribeiras I	11	133,1	0,0	0,0	0,3	5,4	17,0	0,1	155,8
São Pedro I	12	897,5	0,0	0,0	0,0	8,5	0,0	0,6	906,7
Serreta II	13	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	17,2	2,9	20,1
Feteira I	14	321,4	0,0	0,0	2,6	0,3	5,3	0,3	329,9
Biscoitos II	15	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	37,7	1,1	38,8
Vila Nova I	16	435,3	0,0	0,0	0,3	44,8	0,5	0,2	481,1
Santa Bárbara II	17	9,9	0,0	0,0	0,0	0,0	36,1	0,9	46,8
Lajes I	18	948,6	0,0	0,0	0,0	25,2	0,0	0,1	973,9
Sé I	19	247,7	0,0	0,0	0,0	0,2	0,0	0,0	247,9
Quatro Ribeiras I	20	102,2	0,0	0,0	0,2	9,2	14,9	2,5	129,1
São Sebastião I	21	543,7	0,0	0,0	1,9	20,0	31,9	2,0	599,6
Raminho II	22	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	16,0	1,1	17,2
São Bento I	23	518,8	8,5	0,0	0,6	4,6	13,9	0,2	546,6
São Brás I	24	282,2	0,0	0,0	3,0	19,5	6,7	0,1	311,5
São Bartolomeu II	25	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	70,0	3,5	73,5
Santa Cruz III	26	335,3	0,0	144,0	0,0	9,6	0,0	0,7	489,6
Cinco Ribeiras II	27	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	27,0	0,2	27,2
Feteira II	28	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,7	0,0	0,7
Quatro Ribeiras II	29	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	2,9	0,8	3,7
São Bartolomeu I	30	514,4	0,0	0,0	0,3	21,3	12,1	0,4	548,4
Fontinhas II	31	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	22,0	0,1	22,1
Doze Ribeiras II	32	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	22,7	0,4	23,1
Ribeirinha I	33	696,2	0,0	0,0	0,3	6,5	17,8	0,6	721,4
Lajes II	34	22,6	0,0	531,0	0,0	4,6	0,0	0,2	558,3
Terra Chã I	35	756,2	0,0	0,0	1,4	10,4	12,9	1,2	782,1

⁴⁵ O índice de Herfindahl é calculado a partir da agregação, para o conjunto das unidades territoriais consideradas na análise, do quadrado do contributo de cada unidade territorial i para cada setor de atividade k . o seu limite inferior, que depende do número total de unidades territoriais consideradas na análise, corresponde a uma situação de concentração especial mínima do setor, isto é, o setor encontra-se igualmente distribuído pelo conjunto das I unidades territoriais consideradas. O limite superior do índice corresponde à situação de máxima concentração especial, a qual se obtém quando o setor k está presente numa única das I unidades territoriais em estudo. Quando se eleva ao quadrado o contributo de cada unidade territorial I para o setor k , associa-se a cada unidade territorial uma ponderação $\frac{X_{ik}}{X_k}$ que corresponde ao seu peso relativo do setor em questão (Delgado & Godinho, 2011).

$$H_k = \sum_{i=1}^I \left(\frac{X_{ik}}{X_k} \right)^2, H_k \in \left[\frac{1}{I}, 1 \right]$$

Freguesia	Zona	Emprego por Setor de Atividade Económica							Total
		K1	K2	K3	K4	K5	K6	K7	
Cabo da Praia I	36	184,7	23,7	0,0	0,0	11,1	0,0	0,0	219,5
Santa Bárbara III	37	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Porto Judeu II	38	0,0	38,7	0,0	0,0	0,0	101,1	1,2	141,0
Terra Chã II	39	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	11,4	1,3	12,7
Aqualva II	40	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	36,1	6,1	42,2
Santa Luzia I	41	714,7	0,0	0,0	0,1	2,7	0,8	0,1	718,3
São Sebastião II	42	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	68,1	0,0	68,2
Cinco Ribeiras I	43	182,6	0,0	0,0	0,5	22,1	14,5	0,1	219,7
Ribeirinha II	44	0,0	5,0	0,0	0,0	0,0	6,8	0,2	12,1
Serreta I	45	86,9	0,0	0,0	0,0	0,1	13,0	2,6	102,6
Fonte do Bastardo II	46	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	13,7	0,6	14,3
São Bento II	47	0,0	24,2	0,0	0,0	0,0	18,5	0,4	43,1
Santa Cruz II	48	14,8	0,0	0,0	0,0	0,0	58,5	1,9	75,2
Posto Santo I	49	271,9	0,0	0,0	0,4	3,2	10,8	0,4	286,6
Fontinhas I	50	413,5	0,0	0,0	1,0	32,6	26,8	1,0	474,9
Posto Santo II	51	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	50,4	3,0	53,4
Fonte do Bastardo I	52	331,5	0,0	0,0	14,3	8,3	17,4	0,4	371,9
Conceição II	53	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,9	0,1	1,0
Altars II	54	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	76,7	1,5	78,3
Emprego Básico	25686	14640,0	100,0	685,0	54,0	472,3	1101,7	50,0	
Emprego Básico Total	17103								

K1 – Urbano; K2 – Industrial; K3 – Base das Lajes; K4 – Hortifruticultura; K5 – Agricultura; K6 – Pastagem; K7 - Floresta

8.2.2 – OCUPAÇÃO DO SOLO

De acordo com o Recenseamento Agrícola de 2009 – RA2009 (SREA, 2011), a Terceira tem uma SAU de 23367 ha que representa aproximadamente 58% da superfície total da ilha. Da SAU da Terceira, 19740 ha são ocupados com pastagens permanentes, ou seja cerca de 85% da SAU. No entanto, sabe-se que os agricultores ligados à agropecuária cultivam grandes áreas de milho, utilizadas como forragens e estas áreas de cultivo são alternadas nas pastagens que permitem o cultivo de diferentes variedades híbridas que podem até cotas acima dos 350 m. Desta forma a alternância de pastagem com culturas forrageiras, que é uma constante nos Açores, num sistema de semi-rotatividade em muitos casos, nem sempre leva a resultados muito claros e precisos.

Atendendo às circunstâncias acima referidas, foi definido no RA2009, uma área de 3127 ha, classificada de “terra arável”, que suporta atividades agrícolas diversas, mas é utilizada na sua esmagadora maioria no sistema de semi-rotatividade entre a cultura do milho e a utilização como pastagem.

A hortifruticultura, apesar de apresentar uma diversidade bastante abrangente face à agropecuária, centralizada praticamente na produção de leite e de carne, ocupa uma área de cerca de 500 ha ou seja cerca de 2% da SAU da ilha.

Na hortifruticultura, para além da produção de hortaliça, legume, batata, castanha, maçã, laranja e banana, inclui-se ainda as áreas ocupadas na viticultura e na floricultura

(sobretudo as prúteas que apresentam elevado valor de mercado no centro da Europa nas estações frias).

A ocupação florestal na Terceira ocupa uma área de cerca de 3700 ha que corresponde a cerca 8,8% da área total da ilha.

A ocupação Industrial ocupa uma área de cerca de 315 ha, sendo que quase cerca de 80% dessa área se encontra repartida entre o parque industrial de Angra do Heroísmo e o parque industrial da Praia da Vitória.

A urbana distribui-se por uma área de cerca 2700 ha, cerca de 6,7 % da superfície total da ilha, fazendo da Terceira a ilha dos Açores com uma maior taxa de ocupação urbana do seu solo.

Finalmente a Base das Lajes, ocupa uma área de 482 ha, distribuídos entre as pistas de aterragem, plataformas de estacionamento das aeronaves, infraestruturas militares de apoio, áreas de lazer e zonas militares residenciais.

A Tabela 25 apresenta de forma sintetizada, os valores relativos à ocupação do solo, desagregado pelas atividades consideradas.

Tabela 25 – Área ocupada por cada setor de atividade considerada (adaptado de SREA, 2011)

Setores de Atividade	Area Ocupada (ha)
Urbano	2700
Industrial	315
Base das Lajes	482
Hortofruticultura	500
Agricultura	3127
Pastagem	19740
Floresta	3700
Outras Áreas	9464
Total da ilha	40028

8.2.2 – CALIBRAÇÃO DO SIMLU V2.0

A partir dos dados da população (Censos de 2011), e da ocupação do uso do solo, da produtividade e consumo (Recenseamento Agrícola de 2009), procedeu-se à determinação dos fatores endógenos do modelo, que são utilizados como *inputs*, no SIMLU V2.0, apresentados na Tabela 26.

Tabela 26 – Fatores endógenos utilizados no processo de calibração na ilha Terceira.

Setor de Atividade	s_k	CR_s (km)	θ_k (emprego/hectare)
Urbano	0,195723	12	0,019478
Industrial	0,006202	11	0,095663
Base das Lajes	0,001152	10	0,116667
Hortofruticultura	0,000408	10	6,373517
Agricultura	0,000904	15	12,63454
Pastagem	0,002126	17	13,24856
Floresta	0,000248	20	54,84687
r	1,961525		
CR_e (km)	7,4		
ρ (hectare)	0,06		
S	0,206762		

Estes valores são introduzidos num ficheiro *.xlsx, onde previamente foi definida uma folha para cada fator. As áreas disponíveis para cada classe de aptidão, calculadas através do *Area_Compiler*, são importadas diretamente para o SIMLU V2.0.

O processo de interação termina, quando os custos médios residência-emprego e custos médios residência-serviços convergem para os valores determinados previamente (Tabela 26), abordado no capítulo 5.

Os resultados finais que resultam do processo de calibração, denominados de *outputs* são exportados num ficheiro *.xlsx, com várias folhas que permitem uma análise dos resultados.

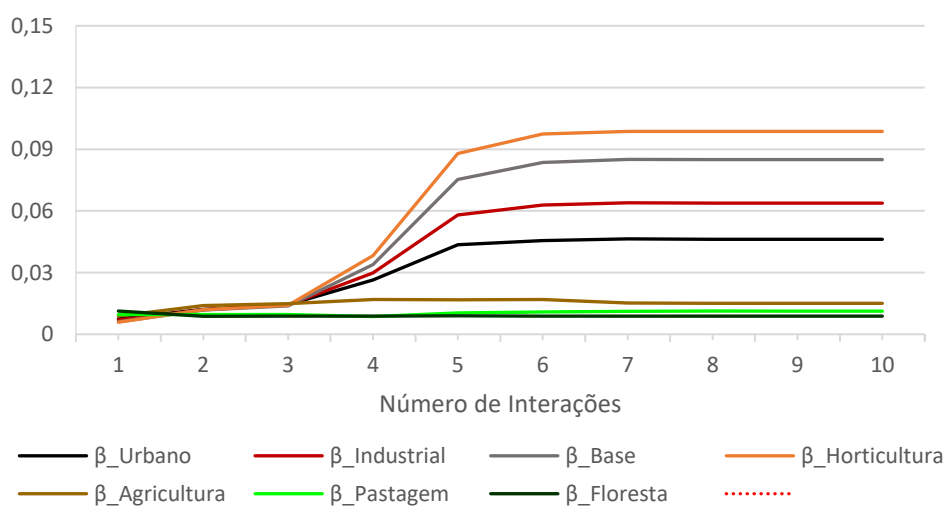


Figura 45 – Evolução do processo de calibração dos parâmetros α e β_k .

Na versão do SIMLU V2.0, os valores relativos à calibração dos parâmetros α e β_k , são gravados automaticamente para cada iteração, de forma a permitir uma análise da evolução da calibração (Figura 45).

No processo de calibração, o modelo convergiu com cerca de 10 iterações, sendo que o parâmetro α atingiu valores mais elevados e que necessitou de mais interações para convergir.

Da calibração do parâmetro α depende a convergência do custo residência-emprego e o emprego urbano concentra-se sobretudo nas duas cidades em Angra do Heroísmo e na Praia da Vitória, separadas por uma distância de 23 km. Como o emprego urbano aflui de todas as freguesias da ilha, ainda que em proporções diferentes, é expectável que este parâmetro necessite de um maior número de iterações para o seu ajuste. Do mesmo modo, é expectável que numa área maior, com uma maior atratividade de emprego, a convergência implique maior número de iterações.

Da calibração dos parâmetros β_k as atividades com maior heterogeneidade no território são aquelas que calibram primeiro, neste caso a floresta, pastagem e agricultura. A procura por estes serviços por parte da população é feita com menos frequência, que a procura pelos serviços urbanos, industriais e hortícolas.

No entanto, e apesar do custo (transformado neste trabalho em distância percorrida) ser superior ao custo da residência-emprego, o β_k , calibra primeiro que o α . Estes setores de atividade correspondem à procura de serviços por parte da população, sendo que o custo da procura de serviços sempre inferior ao custo da residência-emprego na generalidade dos casos. De uma forma simplificada, um trabalhador percorrerá uma distância maior ao longo de um ano para se deslocar ao seu posto de trabalho, que aquela distância total que percorre em igual período de tempo para fazer compras no supermercado. A distância ao supermercado, até pode ser superior, mas a frequência será sempre inferior aquela despendida para o seu posto de trabalho.

Relativamente à ocupação das classes de aptidão, o modelo é calibrado para que a área ocupada pelo emprego em cada classe de aptidão, não ultrapasse a área disponível para essa mesma classe.

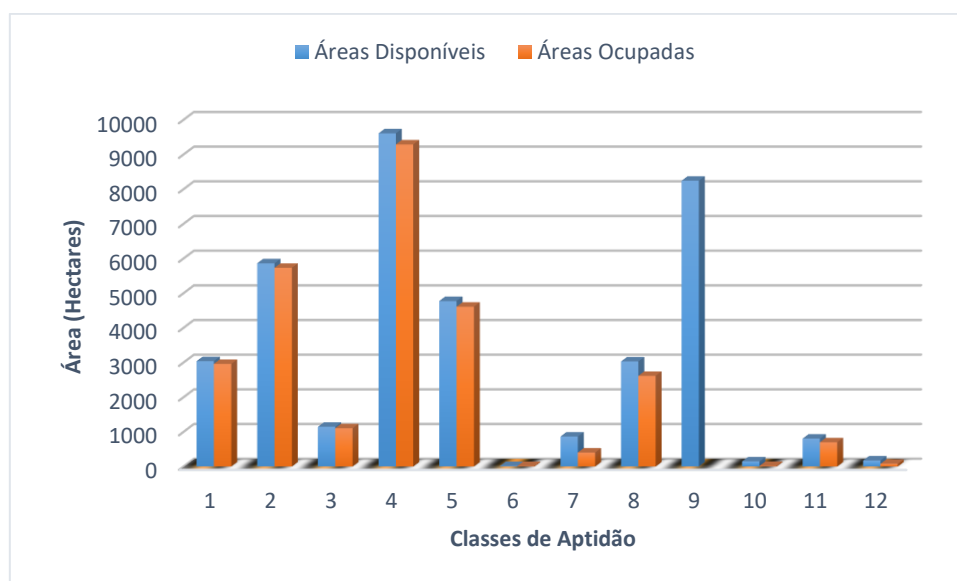


Figura 46 – Relação entre a área disponível por cada classe e aptidão e a área ocupada.

Dos cerca de 40 000 ha de superfície total da Terceira, resulta do processo de calibração uma ocupação de aproximadamente 29 500 ha, ou seja cerca de 74% da superfície total da ilha, conforme ilustra a Figura 46.

As classes 1, 2 e 3 apresentam uma ocupação quase total, pois é nestas classes que se dá maior competitividade territorial entre as atividades ligadas às explorações agrícolas e florestais.

A classe 4, ainda que apresente aptidão hortícola, é ocupada na sua quase totalidade por pastagem, porque na maioria das situações esta classe ocorre em zonas mais afastadas do perímetro urbano, ao contrário do que acontece com a classe 7 que surge quase sempre junto a zonas urbanas e na hierarquia de ocupação do território definida no modelo, a hortifruticultura é o primeiro setor de atividade a ocupar o solo a partir das zonas residenciais.

A classe 5, também apresenta uma ocupação muito próxima da área disponível, sendo ocupada maioritariamente por agricultura (milho utilizado como forragem na alimentação animal), enquanto a classe 6 como uma área disponível praticamente residual, a sua ocupação também ela é praticamente nula.

Quanto à classe de aptidão 8, apresenta uma taxa de ocupação de cerca de 87%, toda ela exclusiva da atividade florestal, pois esta classe não apresenta aptidão para nenhuma das restantes atividades consideradas.

A classe 9, com uma área de cerca de 8250 ha, não apresenta qualquer ocupação, pois nenhuma das atividades consideradas apresenta aptidão nesta classe.

A classe 10, com uma área disponível de 150 ha, sendo exclusiva da atividade industrial, apresenta uma taxa de ocupação pouco superior a 60%. Tal deve-se sobretudo aos parques industriais de Angra do Heroísmo e da Praia da Vitória, que juntos detêm uma área disponível por ocupar superior a 30%.

A classe 11, por sua vez, também ela exclusiva do setor urbano, apresenta uma área de ocupação muito próxima da área disponível.

Finalmente a classe 12 relativa á Base das Lajes. A calibração foi realizada para um limite máximo de 2000 trabalhadores (dos registos conhecidos) e uma população residente que atingiu o seu máximo nos anos 90 (cerca de 5000 cidadãos Norte-americanos). Os dados relativos ao efetivo Português da Força Aérea Portuguesa não foram considerados, mas foram sempre muito pouco significativos face aos números Norte Americanos.

Outro *output* importante que nos é fornecido pelo modelo são as matrizes residência-emprego e população serviços. Da análise da calibração dos parâmetros α e β_k , apenas temos uma interpretação de como estes parâmetros evolui no seu processo de calibração face aos custos pré-determinados.

A determinação da matriz residência-emprego permite-nos entender os fluxos de trabalhadores da sua zona de residência para a sua zona de emprego. Por sua vez, a matriz residência-serviços fornece uma base de análise para os fluxos da população total na procura dos serviços considerados, da sua zona de residência para a zona onde se localiza esses mesmos serviços.

A A Figura 48 ilustra a densidade do emprego (emprego/km²), onde se destaca a maior concentração junto das zonas urbanas, como de resto seria de esperar, sobretudo nas cidades de Angra do Heroísmo e Praia da Vitória. De notar, que nas áreas agrícolas, as unidades territoriais mais próximas do perímetro urbano, apresentam uma maior densidade de emprego na quase generalidade dos casos, indicando-nos a importância do fator distância, entre a zona de residência e a zona de trabalho.

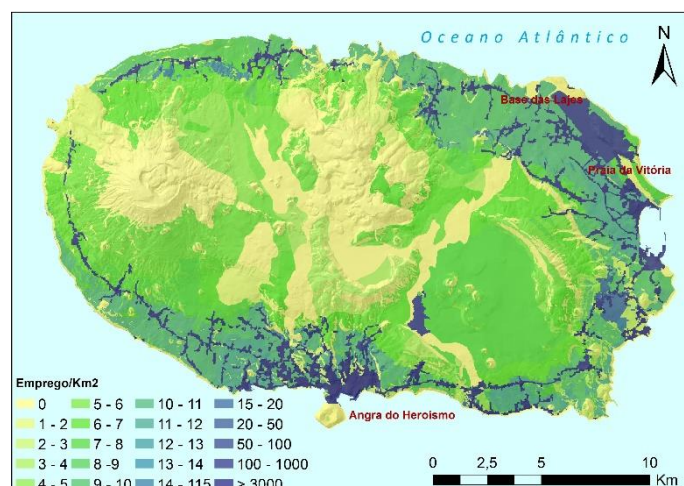


Figura 48 – Distribuição do emprego por classes de aptidão da Terceira.

O valor de R2 encontra-se muito próximo de 1, indicando uma forte correlação entre os dados. Os parâmetros de calibração foram efetuados em função dos dados de ocupação do território proveniente do Recenseamento Geral Agrícola de 2009 -Açores (SREA, 2011), enquanto os valores da população são referentes ao Recenseamento Geral da População (INE, 2011). Pode-se afirmar, que os valores simulados no processo de calibração, face aos valores reais, apresentam boa correlação, indicando uma calibração robusta do modelo (Figura 49).

ilustra a estimativa dos fluxos de residência-emprego e população serviços para a Terceira, calculados a partir da densidade de Kernel⁴⁶.As matrizes encontram-se no Anexo C e D.

⁴⁶ A estimativa da densidade de Kernel, é um função não-paramétrica utilizada para estimar a função de densidade de probabilidade de uma variável aleatória(Wand & Jones, 1994).

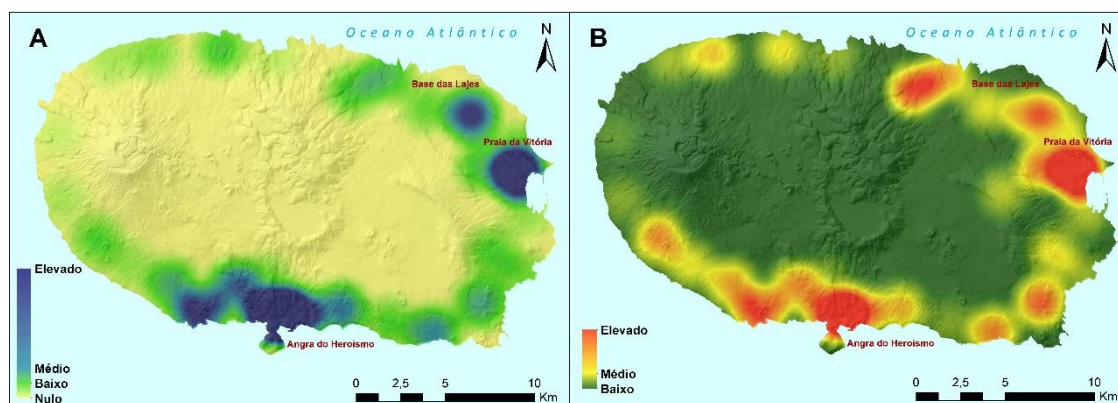


Figura 47 – Fluxo residência-emprego (A), Fluxo população-serviços (B)

A Figura 48 ilustra a densidade do emprego (emprego/km²), onde se destaca a maior concentração junto das zonas urbanas, como de resto seria de esperar, sobretudo nas cidades de Angra do Heroísmo e Praia da Vitória. De notar, que nas áreas agrícolas, as unidades territoriais mais próximas do perímetro urbano, apresentam uma maior densidade de emprego na quase generalidade dos casos, indicando-nos a importância do fator distância, entre a zona de residência e a zona de trabalho.

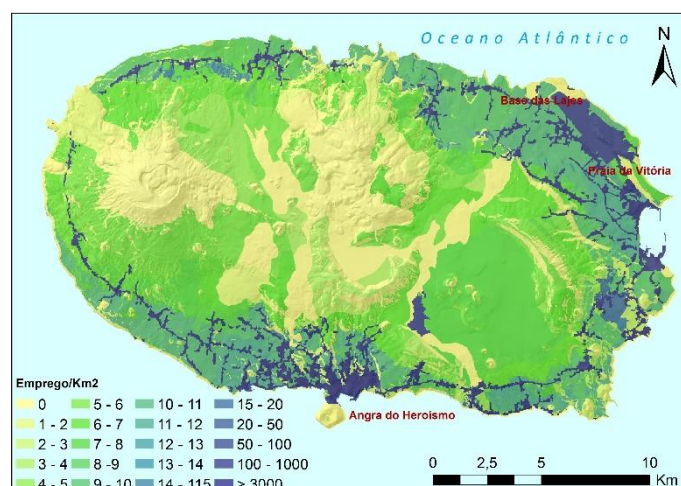


Figura 48 – Distribuição do emprego por classes de aptidão da Terceira.

O valor de R² encontra-se muito próximo de 1, indicando uma forte correlação entre os dados. Os parâmetros de calibração foram efetuados em função dos dados de ocupação do território proveniente do Recenseamento Geral Agrícola de 2009 -Açores (SREA, 2011), enquanto os valores da população são referentes ao Recenseamento Geral da População (INE, 2011). Pode-se afirmar, que os valores simulados no processo de calibração, face aos valores reais, apresentam boa correlação, indicando uma calibração robusta do modelo (Figura 49).

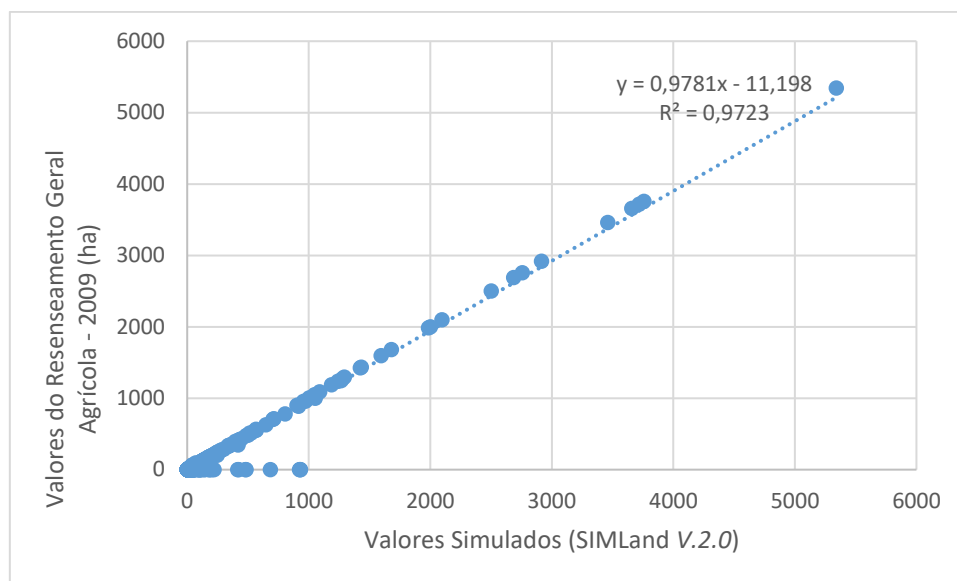


Figura 49 – Correlação entre os valores de ocupação real (SREA, 2011; INE, 2012) e os valores simulados no *SIMLU V2.0*

8.2.3 – VALIDAÇÃO DO SIMLU V2.0

Quanto ao processo de validação do modelo, optou-se por utilizar dois diferentes métodos. O primeiro teste de validação foi efetuado utilizando os dados de ocupação do solo, para o mesmo período de referência, relativos à Carta de Ocupação do Solo (DROTRH, 2007), enquanto que para o segundo teste de validação, foi efetuado em levantamento de campo sobre o valor dos terrenos que posteriormente foi correlacionado com o valor das *bid-rents* que resultam do processo de calibração.

8.2.3.1 – Validação do SIMLU V2.0 pela Ocupação do Uso do Solo

Num processo de validação tradicional de um modelo, utiliza-se séries de dados no processo de calibração e outras séries de dados no seu processo de validação. Nos modelos climáticos, por exemplo, que tratam séries de distribuição normal, os valores são calibrados para uma série temporal e posteriormente são validados com a introdução de séries de dados referentes a outro período.

Pelo fato do SIMLU V2.0 não incorporar (na versão utilizada) variações de produtividade no tempo, a utilização de dados referentes ao emprego e à produção agrícola de uma década anterior não iria proporcionar uma boa validação. No recenseamento Geral da Agricultura, de 1999 (INE, 2001) o número de agricultores ligados aos mesmos setores de atividade era quase o dobro do verificado em 2009, fruto da introdução de melhorias tecnológicas, mas sobretudo, uma consequência das reformas da Política Agrícola

Comum – PAC, cujas medidas adotadas nos últimos 20 anos, têm levado à diminuição da população ativa na agricultura, com o objetivo de aumentar a competitividade do setor.

Assim sendo, foram utilizados os dados relativos à ocupação do uso do solo para o ano de 2007 da Direção Regional do Ordenamento do Território e dos Recursos Hídricos da Região Autónoma dos Açores (SRAM, 2007).

Da análise da correlação entre os dados de ocupação do uso do solo (DROTRH, 2007) e os valores simulados, obtemos um valor de R^2 de aproximadamente 0,98, o que traduz a boa correlação dos dados (Figura 50).

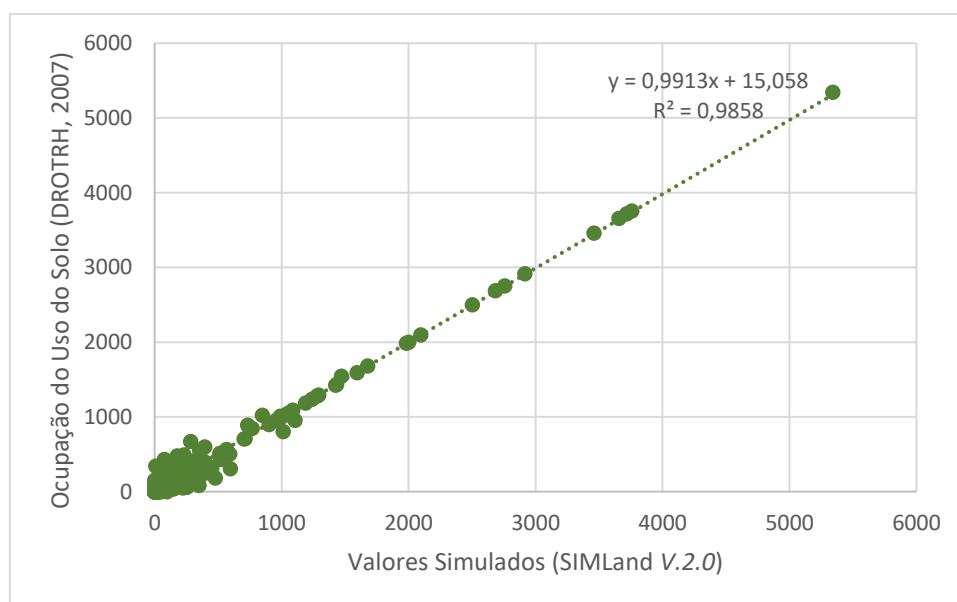


Figura 50 – Correlação entre os valores de ocupação solo (DROTRH, 2007) e os resultados do modelo (SIMLU V2.0).

8.2.3.2 – Validação do SIMLU V2.0 pelas *Bid-Rents*

Uma vez que as dimensões das áreas ocupadas dependem de fatores como a população, a renda, os custos de transporte e o valor das terras agrícolas (Alonso, 1964; Mills, 1967; Muth, 1969), optou-se por correlacionar as *bid-rents* que resultam do processo de calibração do modelo com o valor real da terra, que era o único fator não incluído diretamente no modelo.

Para tal, foram realizados 145 inquéritos (com uma amostragem de 362 parcelas), em todas as freguesias da Terceira, com a finalidade de obter um valor aproximado do preço real dos terrenos nas zonas rurais, destinadas à agricultura. Os inquéritos (Anexo A) foram

realizados entre março e maio de 2016 e o público-alvo foram agricultores com idades compreendidas entre 24 e 66 anos.

Os dados relativos ao valor dos terrenos urbanos foram obtidos a partir do inquérito à habitação urbana (Rodrigues, 2016).

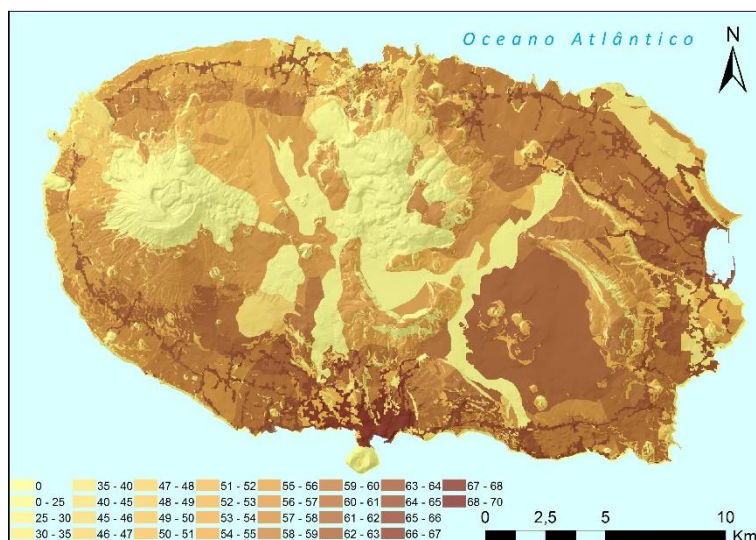


Figura 51 – bid-rents da validação do modelo

A Figura 51 ilustra a distribuição dos valores das *bid-rents* para a ilha Terceira, que resultam do processo de validação do modelo, onde é possível observar os valores mais elevados em Angra do Heroísmo e na Praia da Vitória, seguido pela restante malha urbana.

De salientar um valor elevado, para as duas principais bacias leiteiras da ilha, o “Paul” na zona da Caldeira Guilherme Moniz e o “Descampadouro” localizado nas pastagens de altitude média das freguesias das Cinco Ribeiras e de São Bartolomeu.

As áreas de planície localizadas a Noroeste da Terceira, na zona denominada “Ramo Grande” apresentam valores intermédios das suas *bid-rents*, que outrora eram conhecidas como as melhores terras de cultivo da Terceira, quando a produção de cereal assumia predominância na agricultura rural da Terceira. Por serem localizadas em zonas de altitudes baixas, mais afetadas pelo *deficit* hídrico nas estações secas, continuam a apresentar uma ocupação intensiva, sobretudo no cultivo de forragens.

As pastagens do interior da ilha, localizadas em áreas de maior altitude, assim como as zonas ligadas à silvicultura, apresentam valores de *bid-rents* muito inferiores, em comparação com as áreas analisadas anteriormente.

Os dados relativos ao valor da terra, obtidos a partir dos inquéritos aos agricultores, foram utilizados para aferir a validade do modelo, sobretudo as suas *bid-rents* que resultam da interação do modelo e incorporam todas as variáveis relacionadas com a ocupação do uso do solo.

Para tal, utilizou-se o modelo de regressão linear múltipla - MRLM, que possibilita a análise de situações que envolvem mais que uma variável explicativa. Tabachnick e Fidell (1996) definiram o MRLM, como um conjunto de técnicas estatísticas que possibilitam a avaliação do relacionamento de uma variável dependente com diversas variáveis independentes.

Deste modo, considerou-se como variável dependente o preço⁴⁷ dos terrenos por hectare, identificados por zona e classe de aptidão que funcionam como a variável dependente ou de resposta que pode ou não estar relacionada com as variáveis explicativas ou independentes consideradas, como *bid-rents*, classes de aptidão, o tipo de uso, as acessibilidades, infraestruturas, possibilidade de urbanização ou direito de propriedade.

A análise estatística, foi efetuada através da utilização do *software* IBM® SPSS® Statistics (IBM, 2014). As variáveis utilizadas no MRLM, são apresentadas na Tabela 27, sendo utilizado o procedimento *Stepwise*.

O *Stepwise* é uma modificação da seleção *Forward* em que cada passo todas as variáveis do modelo são previamente definidas pelas suas estatísticas parciais. Uma variável adicionada no modelo no passo anterior pode ser redundante para o modelo por causa do seu relacionamento com as outras variáveis e se a sua estatística F parcial for menor que F_{out} , essa variável é removida do modelo (Abbad & Torres, 2002).

⁴⁷ Utilizou-se o logaritmo de base e, vulgarmente conhecido como logaritmo natural ou logaritmo neperiano.

Tabela 27 – Variáveis utilizadas na regressão linear múltipla.

Variável	Nome da Variável	Tipo de Variável	Descrição
LnP	LnPreço	Dependente	Ln do Preço dos terrenos
ω	<i>Bid-rents</i>	Independente	<i>Bid-rent</i> da simulação do SIMLU V2.0
X₁	Agricultor_Rendeiro	Independente	<i>Dummy</i> de propriedade
X₂	Agricultor_Proprietário	Independente	<i>Dummy</i> de propriedade
X₃	Estrada	Independente	<i>Dummy</i> de acessibilidade
X₄	Infraestruturas	Independente	<i>Dummy</i> de infraestruturização
X₅	Urbanizável	Independente	<i>Dummy</i> de urbanização
X₆	Classe 1	Independente	<i>Dummy</i> da classe de aptidão
X₇	Classe 2	Independente	<i>Dummy</i> da classe de aptidão
X₈	Classe 3	Independente	<i>Dummy</i> da classe de aptidão
X₉	Classe 4	Independente	<i>Dummy</i> da classe de aptidão
X₁₀	Classe 5	Independente	<i>Dummy</i> da classe de aptidão
X₁₁	Classe 6	Independente	<i>Dummy</i> da classe de aptidão
X₁₂	Classe 7	Independente	<i>Dummy</i> da classe de aptidão
X₁₃	Classe 8	Independente	<i>Dummy</i> da classe de aptidão
X₁₄	Classe 9	Independente	<i>Dummy</i> da classe de aptidão
X₁₅	Classe 10	Independente	<i>Dummy</i> da classe de aptidão
X₁₆	Classe 11	Independente	<i>Dummy</i> da classe de aptidão
X₁₇	Classe 12	Independente	<i>Dummy</i> da classe de aptidão
X₁₈	Urbano	Independente	<i>Dummy</i> da atividade
X₁₉	Industrial	Independente	<i>Dummy</i> da atividade
X₂₀	Base das Lajes	Independente	<i>Dummy</i> da atividade
X₂₁	Hortifruticultura	Independente	<i>Dummy</i> da atividade
X₂₂	Agricultura	Independente	<i>Dummy</i> da atividade
X₂₃	Pastagem	Independente	<i>Dummy</i> da atividade
X₂₄	Floresta	Independente	<i>Dummy</i> da atividade

O procedimento iniciou-se com a introdução da variável dependente LN_preços. A cada passo do *Forward*, depois de incluir uma variável, aplicou-se o *backward*, para descartar alguma variável que não fosse necessária, aplicando o processo até não incluir ou excluir nenhuma variável.

Nos valores de corte sempre que $F_{in} < F_{out}$ a variável foi mantida, quando $F_{in} > F_{out}$ a variável foi removida.

Deste modo, foram efetuados quatro RLM, de forma a analisar quais as variáveis que melhor explicam o modelo, onde os principais resultados são apresentados na Tabela 28.

Da análise do R^2 , para os quatro modelos, constatamos que as variáveis explicativas utilizadas (preditores) influenciam o preço do terreno, como variações inferiores a 2%, dependendo do modelo utilizado.

Tabela 28 – Síntese dos principais resultados dos quatro modelos da RLM.

	Modelo 1			Modelo 2			Modelo 3			Modelo 4		
	$R^2 \approx 0,844$			$R^2 \approx 0,843$			$R^2 \approx 0,844$			$R^2 \approx 0,842$		
	$F \approx 119,160$			$F \approx 134,669$			$F \approx 155,505$			$F \approx 168,859$		
	$\text{Sig.} < 0,001$			$\text{Sig.} < 0,001$			$\text{Sig.} < 0,001$			$\text{Sig.} < 0,001$		
	Beta	t	Sig.	Beta	t	Sig.	Beta	t	Sig.	Beta	t	Sig.
Constant	-0,24	-,010	0,992	-0,172	-,072	0,943	-0,213	-,089	0,929	-0,586	-,285	0,776
Bid-rents	12,814	3,881	0,000	12,974	3,929	0,000	12,992	3,939	0,000	13,470	4,631	0,000
Rendeiro		-1,232			5,248			5,521			6,732	
Prop **	-0,076	,625	0,532		3,933			3,797			3,790	
Estrada	0,798	5,257	0,000	0,797	2,689	0,000	0,826	2,763	0,000	0,850	2,774	0,000
Infra	0,315	3,806	0,010	0,326	3,206	0,007	0,334	4,163	0,006	0,335	4,191	0,006
Urbaniz	0,328	2,586	0,000	0,336	-,482	0,000	0,318	17,73	0,000	0,316	18,22	0,000
Classe 1	0,416	3,404	0,000	0,415	-1,153	0,000	0,392	4,469	0,000	0,396	4,568	0,000
Classe 2	0,338	-,435	0,000	0,0332	17,592	0,000	0,326	4,001	0,000	0,328	4,057	0,000
Classe 3	0,521	-1,214	0,000	0,548	4,321	0,004	0,478	2,628	0,009	0,498	2,929	0,004
Classe 4*		17,244			4,008			4,544			4,608	
Classe 5	0,422	4,324	0,007	0,434	2,863	0,000	0,412	4,074	0,000	0,415	4,814	0,000
Classe 6*		4,066			4,316			-,308			2,502	
Classe 7	3,054	2,703	0,000	3,199	4,216	0,000	3,029	1,960	0,000	3,139	-,285	0,000
Classe 8	0,168	4,192	0,616	0,191	,571	0,568	-0,074	-,089	0,758		4,631	
Classe 9	1,687	3,978	0,041	1,716	2,088	0,037	1,598	3,939	0,051	1,730	6,732	0,013
Classe 10*		,502						5,521			3,790	
Classe 11	3,511	2,053	0,000	3,529	0,201	0,000	3,545	3,797	0,000	3,530	2,774	0,000
Classe Urbano*												
Industri												
Base*												
Horto	0,465	0,136	0,001	0,433	0,135	0,001	0,499	0,120	0,000	0,501	0,120	0,000
Agrícola	-0,035	0,081	0,664	-0,039	0,081	0,630						
Pastage												
Floresta	-0,345	0,284	0,225	-0,322	0,279	0,249						

* Variáveis não incluídas

** Variáveis não significativas (p-value >0,05)

Dos dados relativos da análise de variância (ANOVA), o valor de F que compara a quantidade de variância sistemática nos dados com a quantidade de variância não sistemática, apresenta valores elevados e sempre crescentes do modelo 1 até modelo 4, que indica que existe uma diferença considerável entre as médias das variáveis consideradas que pode ser expressa adequadamente por meio de um modelo de regressão. O Modelo 4 é aquele que apresenta um valor de F mais elevado, o que significa que o valor de p-value é o mais significativo na análise de variância, apesar dos restantes três modelos também apresentam valores de F bastante elevados e que não deixam uma boa significância do p-value da ANOVA. A significância dos quatro modelos é inferior a 0,001, o que significa que os modelos estudados, em todas as variáveis são bastante significativos. Uma vez que os quatro modelos são muito semelhantes, as conclusões

relativamente a cada preditor, considerado significativo ($p\text{-value} < 0,05$), referente à análise dos coeficientes da regressão linear múltipla, são semelhantes variando apenas a sua influência na estimação do preço dos terrenos na Terceira.

Tomando como referência o modelo 4, aquele que apresenta um valor de F mais elevado, e onde todos os preditores apresentam significado elevado, a equação da reta é:

$$\hat{Y}_i = -0,586 + 13,470\omega + 0,850X_1 + 0,335X_4 + 0,316X_5 + 0,396X_6 + 0,328X_7 + 0,498X_8 + 0,415X_{10} + 3,139X_{12} + 0,530X_{16} + 0,501X_{21} \quad (18)$$

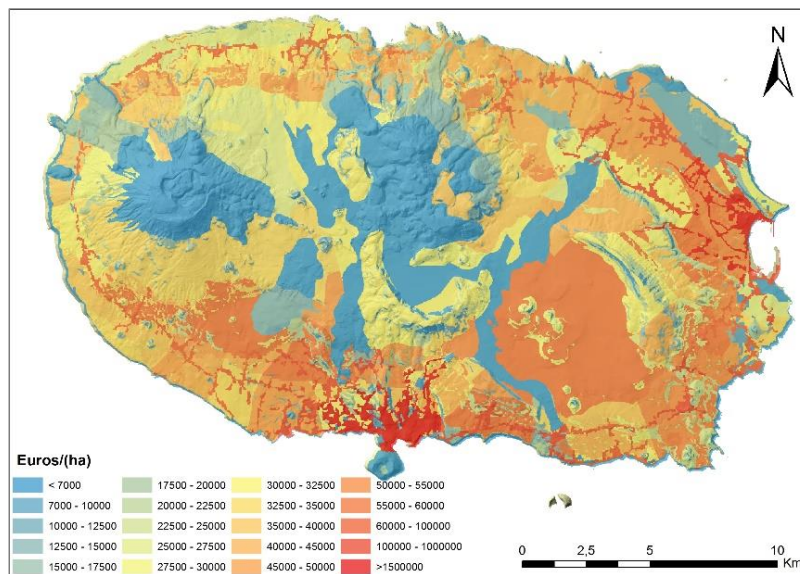


Figura 52 –Preço da terra, obtido pela regressão linear múltipla com base nas *bid-rents*.

Aplicando a equação (18), é possível obter o valor da terra para todas as zonas e classes da área de estudo, que resulta da utilização das *bid-rents*. Para as restantes variáveis, foi calculado o valor médio total. A Figura 52 representa espacialmente o mapa da distribuição do valor médio da terra, por zona e por classe (euros por hectare).

Para valores de terrenos (preço por hectare) inferiores a 5000 euros, as *bid-rents* não devem ser consideradas para a estimativa do modelo, uma vez que não apresentam resposta. O que de resto é absolutamente natural, pois vai ao encontro das definições teóricas de Alonso (1967), que considera que a distribuição das *bid-rents* no espaço são influenciadas por fatores de produção e ocupação do território. Os casos, onde o preço por hectare é inferior a 5000 euros, correspondem as zonas de mato, incultos e sem nenhuma aptidão para as atuais condições de mercado.

8.3 – SIMULAÇÃO DO USO DO SOLO PARA OS CENÁRIOS DO IPCC (2014)

Os cenários de alterações climáticas do IPCC (2014), foram regionalizados para a ilha Terceira com base no modelo CIELO (Azevedo, 1996). As corridas CIELO foram forçadas com as anomalias para os cenários EC_Earth RCP 4.5 e RCP 8.5 (Hazeleger *et al.*, 2012) para os períodos de análise 2010/2039, 2040/2069, 2070/2099.

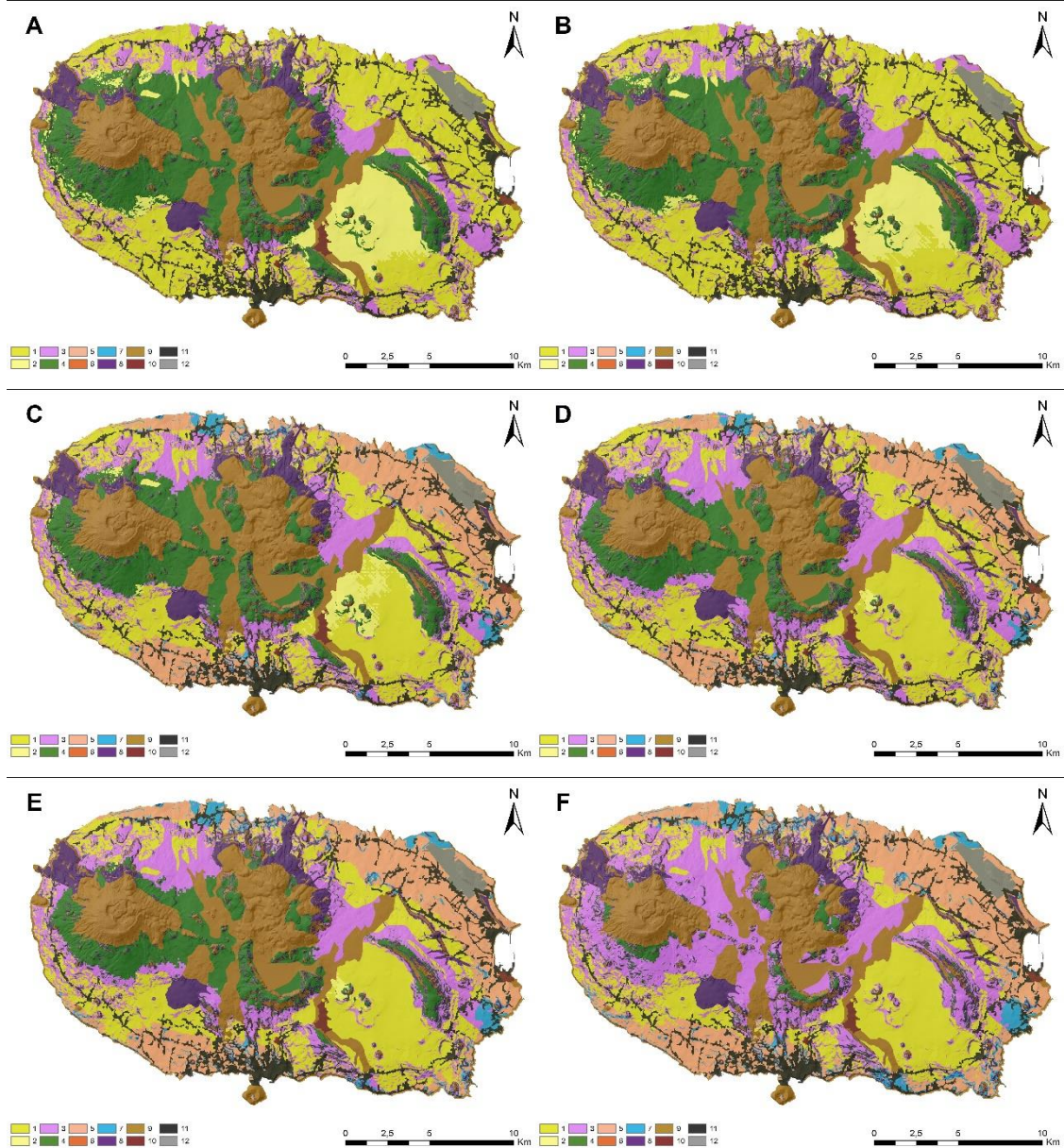


Figura 53 - Classes de uso do solo: A – RCP4.5 (2010/2039), B – RCP4.5 (2040/2069); C – RCP4.5 (2070/099); D – RCP8.5 (2010/2039); E – RCP8.5 (2040/2069); F – RCP8.5 (2070/2099).

Aplicou-se o modelo geográfico, para determinar as classes de aptidão do uso do solo, de acordo com as projeções relativas à temperatura média anual e precipitação anual acumulada, para cada horizonte temporal dos cenários RCP4.5 e RCP8.5 (Figura 53).

Da análise da Figura 53, é possível observar que algumas das classes mantêm-se inalteradas. A classe 10, 11 e 12, que correspondem respetivamente ao uso industrial, urbano e da BA4 não são alteradas. A classe 9, que corresponde às zonas naturais da Terceira, não sofre nenhuma alteração. Apenas as classes remanescentes 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7 e 8, que correspondem aos usos das atividades ligadas ao sistema agro-silvo-pastoril, sofrem alterações

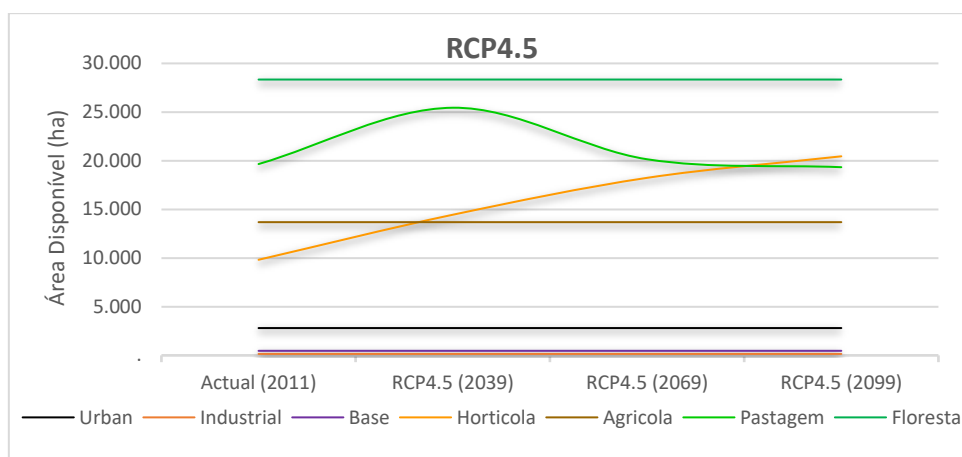


Figura 54 - Evolução das áreas de aptidões do uso do solo com base nos cenários RCP4.5

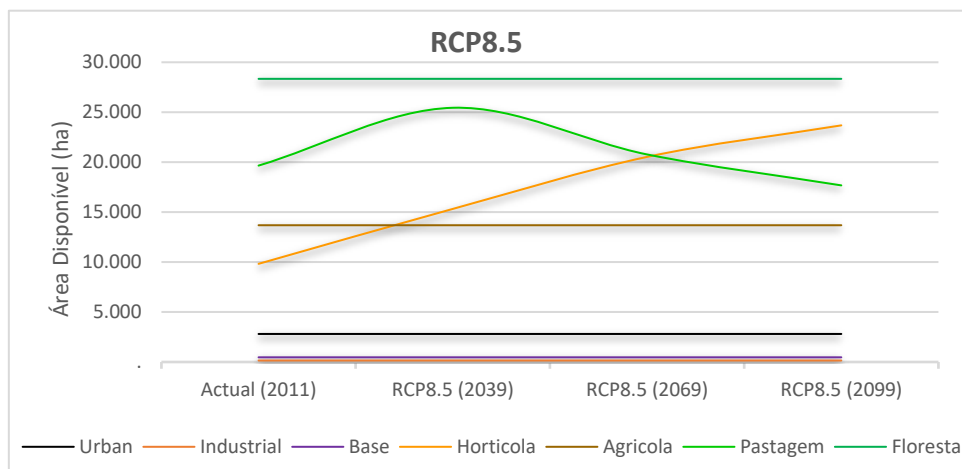


Figura 55 – Evolução das áreas (ha) de aptidões do uso do solo com base nos cenários RCP8.5

A Figura 54 e a Figura 55, ilustram a evolução da áreas de aptidão para cada setor de atividade, de acordo com os diferentes cenários climáticos e ao longo dos períodos de tempo analisados. A Tabela 29, complementa a informação anterior, apresentando as áreas em hectares relativas à aptidão por cada um dos setores, para cada cenário e para cada período de análise.

De referir que as aptidões do uso do solo, relativas aos setores urbano, industrial, BA4, agrícola e floresta, não sofrem alterações (de acordo com os critérios utilizados

inicialmente para a sua determinação). Já o mesmo não acontece em relação às atividades relacionadas com o uso do solo destinado à pastagem e à hortifruticultura, conforme se pode observar na Tabela 29.

Tabela 29 – Áreas (ha) de aptidão do uso do solo para os cenários RCP4.5 e RCP8.5

	Urbano	Industrial	Base	Hortícola	Agrícola	Pastagem	Floresta
Cenário (2011)	20807	150	468	9824	13687	19659	28343
RCP4.5 (2039)	20807	150	468	14450	13687	25446	28343
RCP4.5 (2069)	20807	150	468	18241	13687	20152	28343
RCP4.5 (2099)	20807	150	468	20453	13687	19335	28343
RCP8.5 (2039)	20807	150	468	15322	13687	25446	28343
RCP8.5 (2069)	20807	150	468	20529	13687	20775	28343
RCP8.5 (2099)	20807	150	468	23686	13687	17678	28343

Na aptidão à pastagem, observamos uma mudança na trajetória das áreas relativamente a ambos os cenários (RCP4.5 e RCP8.5) analisados. A área de aptidão aumenta em ambos os cenários para o horizonte temporal de 2010/2039. No cenário RCP4.5, entre 2039/2069, a trajetória de aptidão da pastagem volta a decrescer até próximo das áreas de aptidão verificadas em 2011, mantendo depois uma tendência estável até ao limite de análise temporal (2099). Relativamente ao cenário RCP8.5, a trajetória é semelhante à verificada anteriormente para 2010/2039 e 2039/2069. No entanto, a partir de 2069 e até 2099, a aptidão da pastagem para o cenário RCP8.5, continua numa trajetória decrescente das suas áreas.

Relativamente à pastagem, ao analisarmos a variabilidade das normais climatológicas utilizadas na determinação das suas áreas de aptidão, constatamos que a sua trajetória de evolução está associada ao comportamento da precipitação anual acumulada, uma vez que a temperatura média anual, estimada para os cenários RCP4.5 e RCP8.5, não afeta a área de aptidão para o período de análise e os restantes fatores (qualidade dos solos e declive) são assumidos como constantes.

Em relação à aptidão para a hortifruticultura, as áreas aumentam de forma bastante acentuada para ambos os cenários analisados e para todo o horizonte temporal. Esta aptidão, passa a ocupar uma distribuição bastante heterogénea por toda a ilha Terceira, permitindo assim, o cultivo de uma grande variedade de culturas em diversas áreas geográficas, onde até 2011 não era possível. Esta situação deve-se, ao aumento da temperatura média anual estimada para os cenários RCP4.5 e RCP8.5 para todo o horizonte temporal, uma vez que os valores de precipitação estimados não afetam esta aptidão, ao contrário do que se verifica na aptidão da pastagem. À semelhança de todas

as restantes aptidões, os fatores de qualidade do solo e declive são assumidos como constantes.

8.3.1 – SIMULAÇÃO DA OCUPAÇÃO DO SOLO PARA O CENÁRIO RCP8.5 COM A BA4

Dos cenários anteriormente apresentados, selecionou-se o cenário RCP8.5 para o período de 2070 a 2099, uma vez que entre todos, é aquele que apresenta alterações mais significativas, relativamente às áreas de aptidão do uso do solo.

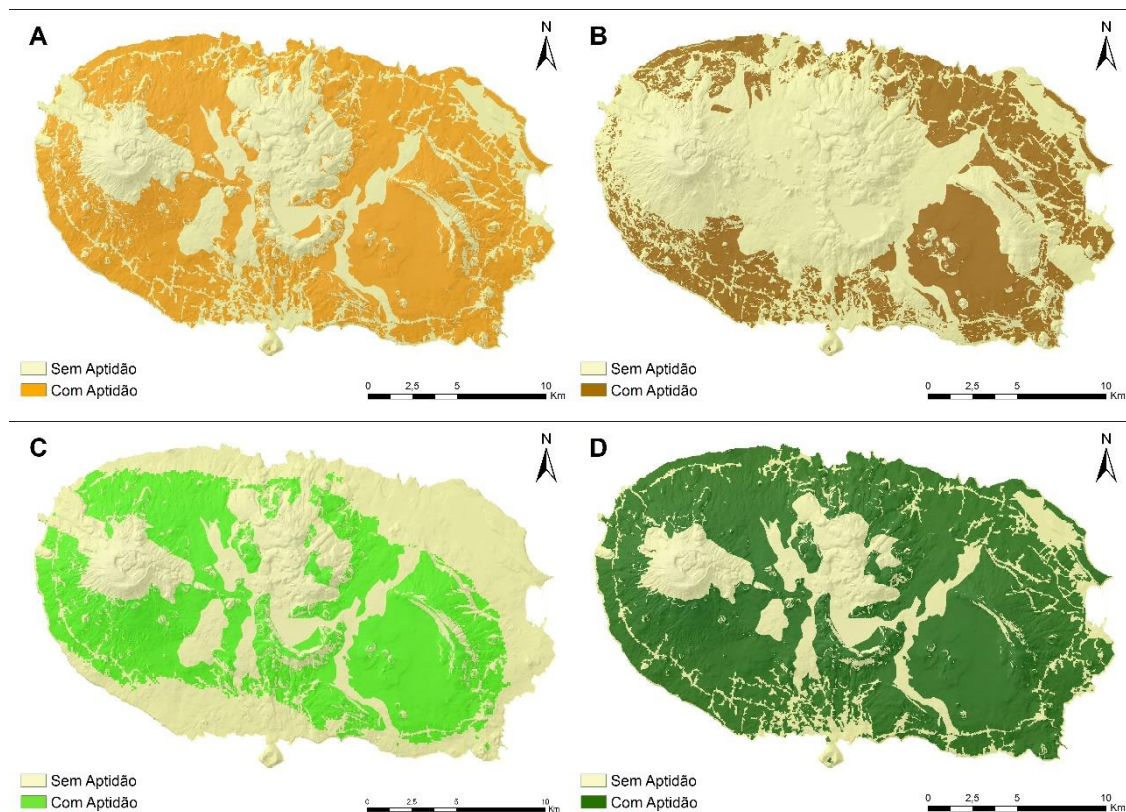


Figura 56 - Aptidões do uso do solo para o cenário RCP8.5: **A** – hortifruticultura, **B** – agricultura; **C** – Pastagem; **D** – Floresta.

A Figura 56, ilustra as quatro aptidões do uso do solo, relacionadas com as produtividades da hortifruticultura, agricultura, pastagem e floresta. As projeções de temperatura média anual e precipitação acumulada anual, estimadas no cenário RCP8.5 para o período de análise, terão um impacto muito superior na hortifruticultura e na pastagem, sendo que a produção deste último uso um dos principais sectores de exportação da ilha Terceira.

Utilizou-se o SIMLU V2.0 para simular o impacto das alterações climáticas no uso do solo para o cenário RCP8.5 para o período de 2070 a 2099. Partiu-se do cenário de referência de 2011, previamente calibrado e dos dados relativos ao consumo, produtividade e coeficientes de ocupação. Foram estimados os empregos básicos, com

base nas áreas de aptidão, tendo como referência o ano de 2011. Nesta simulação não foi admitido um cenário de substituição de uso.

Ainda que, a simulação deste caso de estudo assente apenas em um dos cenários propostos pelo IPCC, foi tido em consideração a redução de número de trabalhadores da BA4, que entravam no modelo como emprego exportador, uma vez que os seus ordenados provinham do orçamento da Defesa dos EUA. Seria imprudente, manter o mesmo número de trabalhadores, quando se trata dum fato já consumado ainda, que não venha refletido nos dados de emprego em que este trabalho se baseia (RGP), uma vez que apenas em 2022 teremos novos dados gerais de emprego e população.

Admitiu-se as mesmas distâncias utilizadas para 2011 e os mesmos custos verificados também no processo de calibração.

O emprego básico da BA4 passou de 685 para 400 uma redução de cerca de 42% do emprego básico verificado em 2011. Relativamente ao setor agropecuário, considerou-se uma redução no emprego básico proporcional à diminuição da área de aptidão a pastagem, passando de 1102 empregos básicos para 921, uma redução de aproximadamente 181 empregos.

8.3.2– RESULTADOS DA SIMULAÇÃO DA OCUPAÇÃO DO SOLO PARA O CENÁRIO RCP8.5 COM A BA4

Da análise dos resultados obtidos a partir da simulação da ocupação do solo para o cenário RCP8.5 (2070/2099), destaca-se desde logo uma diminuição total na população da ilha Terceira em cerca de 2599 habitantes, que resultam da redução de empregos básicos verificados tanto na BA4 como no setor agropecuário.

Tabela 30 – Resultados provenientes dos SIMLU V2.0 para o cenário RCP8.5 (2070/2090) com a BA4.

Freguesia	Zona	Pop Real	Emprego Estimado por Setor de Atividade Económica								
			Pop Estimada	K1	K2	K3	K4	K5	K6	K7	Total
Conceição I	1	3717	3577	1584	17	4	0	2	3	0	1610
Santa Cruz I	2	5341	5013	2237	23	10	3	43	25	2	2342
Biscoitos I	3	1424	1359	669	7	1	11	9	14	2	714
Santa Bárbara I	4	1187	1140	570	6	1	1	23	23	1	625
Porto Judeu I	5	2501	2394	1148	13	2	1	12	23	0	1201
Altães I	6	901	859	424	5	1	4	25	33	1	493
Aqualva I	7	1432	1362	662	7	1	4	32	51	4	762
São Mateus I	8	3757	3616	1667	18	4	1	28	0	1	1719
Raminho I	9	565	540	276	3	1	0	15	16	1	313
Porto Martins i	10	1001	952	462	5	1	8	6	0	1	482
Doze Ribeiras I	11	513	491	253	3	1	0	5	17	0	280
São Pedro I	12	3460	3333	1453	15	3	0	8	0	1	1480
Serreta II	13	0	0	0	0	0	0	0	17	3	20
Feteira I	14	1239	1188	557	6	1	3	0	1	0	569
Biscoitos II	15	0	0	0	0	0	0	0	40	1	41
Vila Nova I	16	1678	1591	758	8	1	1	42	0	1	811
Santa Bárbara II	17	87	80	31	0	0	0	0	36	1	69
Lajes I	18	3657	3425	1538	16	3	0	24	0	0	1581
Sé I	19	955	920	404	4	1	0	0	0	0	410
Quatro Ribeiras I	20	394	376	191	2	0	1	10	11	3	218
São Sebastião I	21	2096	2002	943	10	2	3	21	28	2	1010
Raminho II	22	0	0	0	0	0	0	0	16	1	17
São Bento I	23	2000	1924	866	24	2	1	5	14	0	912
São Brás I	24	1088	1030	479	5	1	3	19	4	0	512
São Bartolomeu II	25	0	0	0	0	0	1	1	75	4	80
Santa Cruz III	26	1292	1195	546	6	88	0	9	0	1	650
Cinco Ribeiras II	27	0	0	0	0	0	0	1	27	0	28
Feteira II	28	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1
Quatro Ribeiras II	29	0	0	0	0	0	0	0	3	1	4
São Bartolomeu I	30	1983	1910	896	10	2	1	21	12	1	943
Fontinhas II	31	0	0	0	0	0	0	0	22	0	23
Doze Ribeiras II	32	0	0	0	0	0	0	0	23	1	24
Ribeirinha I	33	2684	2582	1200	13	3	1	6	17	1	1241
Lajes II	34	87	78	38	0	317	0	4	0	0	361
Terra Chã I	35	2915	2809	1257	14	3	2	10	14	1	1300
Cabo da Praia I	36	712	672	314	41	1	0	11	0	0	366
Santa Bárbara III	37	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Porto Judeu II	38	0	0	0	63	0	2	5	107	2	178
Terra Chã II	39	0	0	0	0	0	0	0	11	1	13
Aqualva II	40	0	0	0	0	0	0	0	36	6	43
Santa Luzia I	41	2755	2653	1173	13	3	0	3	0	0	1191
São Sebastião II	42	0	0	0	0	0	1	4	73	1	79
Cinco Ribeiras I	43	704	678	327	4	1	1	21	16	0	369
Ribeirinha II	44	0	0	0	8	0	0	0	7	0	16
Serreta I	45	335	320	171	2	0	0	0	12	3	189
Fonte do Bastardo	46	0	0	0	0	0	0	0	13	1	14
São Bento II	47	0	0	0	40	0	0	1	19	1	60
Santa Cruz II	48	57	52	28	0	0	1	2	63	2	97
Posto Santo I	49	1048	1009	453	5	1	1	3	10	1	473
Fontinhas I	50	1594	1496	693	7	1	2	34	22	1	761
Posto Santo II	51	0	0	0	0	0	0	0	50	3	54
Fonte do Bastardo	52	1278	1212	572	6	1	13	7	18	1	618
Conceição II	53	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1
Altães II	54	0	0	0	0	0	1	0	81	2	84
Emprego Total	-	28772	27447	2483	432	462	75	473	1105	62	
População Total		56437	53838								

A relação entre as áreas disponíveis para cada classe de uso do solo e as áreas ocupadas, para cada zona geográfica analisada, é ilustrada pela Figura 57. Da análise da Tabela 30, é possível analisar a relação entre a população do cenário de referência de 2011 e a população estimada para o horizonte temporal de 2099 com base no cenário RCP8.5, assim como o valor do emprego total estimado para cada zona e para cada setor de atividade.

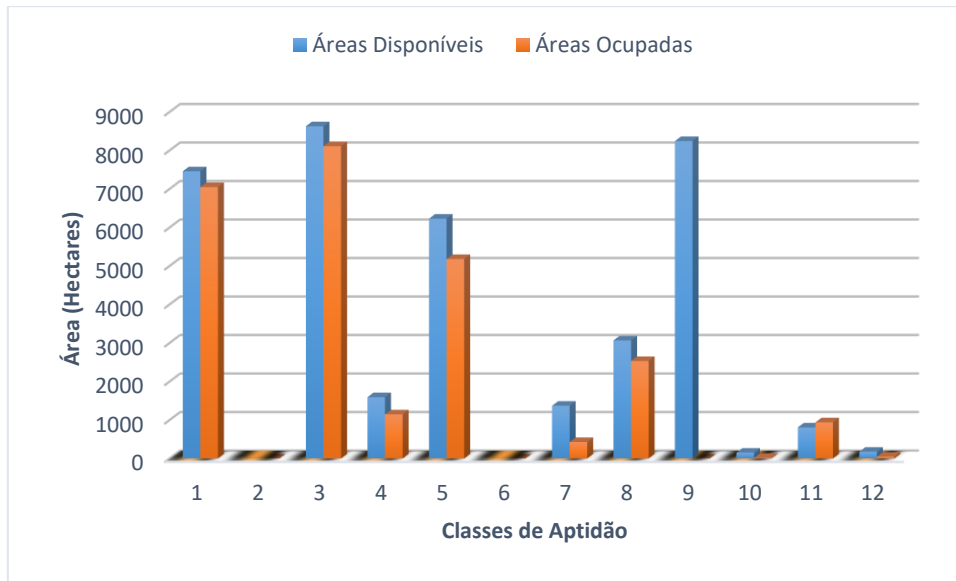


Figura 57 - Relação entre a área disponível por cada classe de aptidão e a área ocupada RCP8.5 (2069/2099).

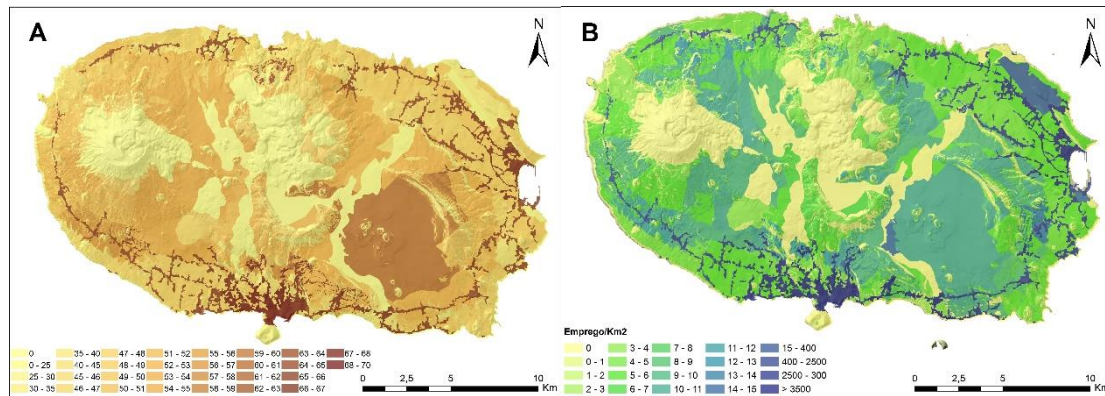


Figura 58 - Cenário RCP8.5 (2069/2099):

A – bid-rents; **B** – distribuição do emprego estimado por classe de aptidão.

A Figura 58-A ilustra a distribuição das bid-rents por zona e por classe, que resultam do processo de simulação, enquanto que a Figura 58-B ilustra a distribuição do empregokm² para as diferentes zonas e por classe de uso do solo.

8.3.3 – RELAÇÃO ENTRE *BID-RENTS* E VALOR MÉDIO DA TERRA PARA O CENÁRIO RCP8.5 COM A BA4

Partindo do cenário de 2011, utilizado na validação do modelo para a situação de referência (regressão linear múltipla – modelo 4), estimou-se o preço médio da terra a partir dos valores das *bid-rents* da simulação do cenário RCP8.5 (2099).

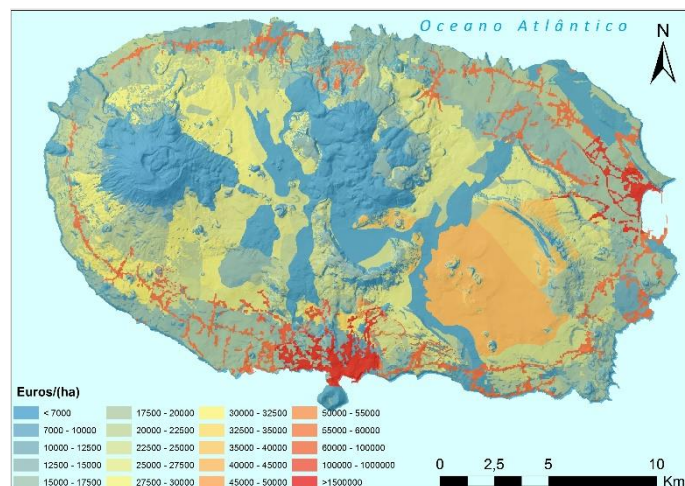


Figura 59 – Preço da terra estimado para o cenário RCP8.5 (2099)

A Figura 59 ilustra o preço médio estimado do solo, tendo como base de referência os preços de 2011. Tal como já se poderia deduzir, ao observar o mapa das *bid-rents* para este cenário, o valor médio dos terrenos no meio rural desce significativamente. A zona central Sudoeste da Terceira, que corresponde à bacia leiteira do Paul, mantém a sua tendência de preços mais altos, ainda que este cenário desvalorize toda a área em cerca de 4%, enquanto a zona do Descampadouro, no centro Sudeste da ilha, tem uma queda abrupta no seu valor face a 2011 de cerca de 8% que corresponde a aproximadamente a 6,6 milhões de euros a preços de 2011.

No contexto global, os terrenos na Terceira têm uma desvalorização total de cerca de 524 milhões de euros, onde se encontram incluídos as áreas rurais e as áreas urbanas.

Se apenas considerarmos as classes de uso do solo 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7 e 8 (relacionadas com a hortifruticultura, agricultura, pecuária e silvicultura) a desvalorização da terra é de cerca de 231 milhões de euros, relativamente a 2011.

Esta desvalorização do solo, não se pode associar exclusivamente à redução do emprego no setor de produção agropecuário, que resulta da diminuição da área de aptidão (sobretudo pastagem) de acordo com as projeções das alterações climáticas para o cenário RCP8.5 (2099). A redução de 285 postos de trabalho na BA4, tem um impacto quase na

mesma proporção que as alterações climáticas, propostas no cenário RCP8.5 (2099), contribuindo desta forma, para a queda significativa da população na ilha Terceira, com impacto direto no solo urbano (sendo espectável a diminuição da procura da habitação), onde os preços são muito mais elevados.

8.4 – CONCLUSÃO

A aplicação SIMLU V2.0, tem a vantagem de permitir uma maior desagregação dos dados, podendo ser utilizadas e invertidas matrizes de proporções bastante significativas. Isto permite uma maior resolução em termos de escala.

O caso de estudo aplicado à ilha Terceira, ainda que como uma versão do mesmo modelo de ocupação do uso do solo, permitiu explorar de forma diferente os dados.

A introdução da programação em *python*, permite ao modelo geográfico trabalhar com outra velocidade e aumentar a desagregação de zonas internas que num SIG normal teria que ser sempre feito de uma forma manual. No entanto, o cálculo algoritmo da distribuição espacial, continua com limitações de processamento computacional, neste caso relacionado com o *software* utilizado (ArcMap 10.2), mas que em outros SIG ocorre o mesmo problema. Tal deve-se ao fato dos SIG, ao efetuarem determinadas rotinas de modelação em formato *raster* guardarem sempre no sistema de memória todos os cálculos até ser concluída o cálculo final de uma *grid*. Quando o processo pode envolver dezenas ou centenas de cálculos (como é o caso) os computadores deixam de ter memória disponível. A solução poderá passar por implementar os cálculos noutra linguagem, como acontece em outros modelos (programação em R por exemplo) e depois apenas se importar as *grids* para os SIG.

Á semelhança do que se verificou para o caso de estudo em Marrocos, a simplificação dos fatores que dão origem às aptidões, são sempre uma aproximação à realidade. De resto o SIMLU, tem como grande vantagem, não ser necessário muitos dados para traduzir com bastante precisão a realidade da ocupação do território.

A utilização das *bid-rents* na obtenção do valor da terra, é uma grande inovação metodológica, que traduz a eficiência da utilização dos modelos de interação espacial no campo da modelação integrada. Estes modelos, desde há muito que são utilizados em modelações urbanas e de transportes, onde se concentra o *core* da economia, mas nunca

foram explorados num contexto rural, onde os interesses de investimento não centram a mesma atenção.

A utilização integrada proporcionada pelo SIMLUC, tanto do modelo geográfico de determinação das aptidões como do modelo de interação espacial de ocupação do uso do solo, permite analisar e modelar um conjunto de fatores e obter uma grande quantidade de informação, útil para o planeamento.

No caso de estudo da Terceira, não foi só as áreas de aptidão que foram determinadas e modeladas, foi também o impacto do emprego nos diferentes sectores de atividade considerados, a sua distribuição espacial e com a utilização das *bid-rents* estimar o valor real da terra, tanto para um cenário atual como para uma simulação de um cenário hipotético e dessa forma, avaliar realmente a verdadeira dimensão social, económica e ambiental.

CAPÍTULO 9

DISCUSSÃO

9 – DISCUSSÃO

9.1 – AGENDA DA DISCUSSÃO DOS MODELOS DE USO DO SOLO

Neste trabalho, foi efetuada uma extensa abordagem aos modelos de uso do solo. Estes encontram-se divididos em diversas categorias, que vão desde os modelos disciplinares (onde foi feita uma breve abordagem aos modelos agronômicos), modelos geográficos de análise estatística ou de regras de decisão, passando pelos modelos económicos de análise Ricardiana, de equilíbrio parcial, equilíbrio geral e micro-simulação, até aos modelos de avaliação integrada.

Estes modelos funcionam como instrumentos de análise, planeamento e de apoio à decisão em contextos interdisciplinares. O seu contínuo desenvolvimento apoia a relevância e utilidade dos mesmos, na abordagem de questões que estão no topo da agenda mundial: alterações climáticas, segurança alimentar, desertificação, erosão dos solos, gestão da água, gestão de recursos naturais, fluxos migratórios, desertificação, proteção da natureza entre outros.

Da utilização destes modelos, derivam cenários que possibilitam a análise da evolução do uso solo, onde é possível estabelecer um quadro normativo com medidas mitigadoras subjacentes.

A ocupação do solo e a sua evolução vai continuar a depender da decisão humana, salvo situações específicas com origem natural. Ainda que tenhamos questões no topo da agenda mundial, como já foi referido, cada vez mais assistimos a uma agenda regional, onde cada bloco avança para propostas concretas à sua escala de influência, sendo entendido por uns como retrocessos na tentativa de enquadrar as questões económicas e ambientais relacionadas com o uso do solo numa escala global, enquanto outros, entendem que a visão global tem que ser entendida à escala regional (Verkerk *et al.*, 2016).

Em 2015 (Pérez-Soba *et al.*), apresentou o “*Visions of future land use in Europe*” que abrange um conjunto de visões para a evolução do uso do solo para a Europa comunitária, numa escala temporal até 2040. Este seu trabalho resulta de uma série de projeções sobre a ocupação do uso do solo, de diferentes modelos de simulação, alguns dos quais já aqui revistos (por exemplo o CLUE, EFISCEN ou CAPRI). O quadro proposto, para a evolução do uso do solo, assenta em três propostas, que o autor denomina de “visões”:

Best Land in Europe – Esta proposta, assenta na otimização do uso do solo, de forma a garantir a produção de bens alimentares e de produtos naturais e assenta em modelos geográficos estatísticos, nomeadamente o CLUE (com uma nova versão Dyna-CLUE) que incorpora processos dinâmicos e regras baseadas em agentes.

A segunda proposta *Regional Connected* – é uma visão onde as necessidades da sociedade são satisfeitas regionalmente, numa relação coerente entre a população e os seus recursos naturais, onde é utilizado o modelo CAPRI (modelo económico de equilíbrio parcial).

Finalmente, a sua terceira e última proposta *Local Multifunctional* – é uma abordagem centrada na diversidade das funções do solo, ainda que para pequenas áreas, baseada numa inovadora nova forma de viver, trabalhar e de lazer e com uma grande diversidade de tipos de uso do solo, de bens e serviços e numa sociedade também ela diversificada e heterogénea. Esta abordagem envolveu modelos integrados, entre eles o EFISCIEN.

A escolha de determinado tipo de modelo, prende-se com o tipo de trabalho que se pretende desenvolver e com os fatores que se pretende incluir a análise do trabalho.

9.2 - MODELOS GEOGRÁFICOS DE DESCRIÇÃO E ORDENAMENTO

Os modelos geográficos, na sua génese, são instrumentos de descrição e análise espacial do território. Têm sido alvo de desenvolvimentos significativos, constituídos por *softwares* e elevada capacidade, utilizados em qualquer gabinete de planeamento técnico ou de investigação científica (sobretudo ligado à análise e produção de cartografia, seja ela de base ou temática), tendo inclusive nos últimos anos derivado para um vasto leque de aplicações práticas de aparelhos móveis utilizados no dia-a-dia por grande parte da população.

Relativamente ao uso do solo, já aqui foi referido, que estes modelos não explicam os *drivers* de ocupação do território, pois assumem uma natureza espacial topológica de carácter, analítico e descritivo.

No entanto, surgiram vários desenvolvimentos com introdução de novas ferramentas, que proporcionam uma dimensão espacial e explicativa a estes modelos, nomeadamente a introdução de aplicações baseadas em análises empíricas e estatísticas e aplicações baseadas em regras de decisão.

Com a introdução das aplicações estatísticas, estes modelos passam a ter a capacidade de integrar uma combinação *top-down*, onde o uso do solo depende de fatores exógenos

macroeconómicos muito utilizados nas ciências sociais, ou de uma combinação *bottom-up*, mais utilizado nas ciências do ambiente, como por exemplo em dinâmicas de processos de vegetação, muito útil em questões relacionadas por exemplo com a erosão do solo ou a desertificação.

Os modelos geográficos, baseados em regras de decisão, permitem explicitar de uma forma mais consistente a avaliação dos processos e fatores que conduzem às alterações de uso do solo, uma vez que permitem integrar um quadro de políticas que induzem a ocupação do território. No entanto, apresentam limitações de endogeneidade relativamente à alocação do solo, uma vez que não integram os fatores mais influentes, os socioeconómicos (mobilidade, emprego, consumo, produção e alteração dos preços) ou os ambientais (alterações climáticas ou períodos de escassez de água), proporcionando um *feedback* muito limitado em todo o sistema. No entanto, modelos como o KLUM, SALU ou ACCELERATE, têm sido utilizados com sucesso em questões relacionadas com a segurança alimentar, na otimização dos sistemas de produção agrícola.

9.3 - MODELOS ECONÓMICOS

As abordagens realizadas por Perroux (1955), Myrdal (1957), Hirschman (1958) e North (1959), pretendiam explicar as dinâmicas regionais do território, mas centrando-se apenas nos processos de produção e na economia externa das regiões. Estes teóricos não abordaram os processos de produtividade do solo e as suas dinâmicas de substituição, centrando-se sobretudo nos processos de migração de capital de região para região.

Os modelos económicos permitem explicar e simular o uso do solo através da alteração das variáveis económicas (produção e consumo, preços, entre outros). Neste trabalho, estes modelos foram classificados em três tipos de abordagem: Econométrica e Ricardiana; equilíbrio geral e equilíbrio parcial.

Na primeira abordagem econométrica e Ricardiana, destaca-se a capacidade destes modelos na explicação do uso do solo, através do custo de oportunidade, por exemplo relacionado com o sequestro de carbono (Lubowski et al., 2006; Tacconi et al., 2011). Estes modelos assumem a endogeneidade da alocação do solo ou da variabilidade climática, no entanto não consideram a tecnologia com um fator de mudança no tempo e no espaço, nem permitem abordagens de análise global (Masseti & Mendelsohn, 2011).

Relativamente aos modelos de equilíbrio parcial, destaca-se: a integração de múltiplos fatores que conduzem à ocupação do território, a reação dos agentes perante diferentes

cenários políticos, análise detalhada sobre os mercados do uso do solo, alocação endógena da terra derivada das análises econométricas e Ricardianas; feedbacks económicos na análise do sistema e possibilidade de análises globais para cenários futuros. Estes modelos, integram uma abordagem em diversas áreas como a agricultura e floresta (Bryngelsson & Lindgren, 2012; Havlík et al., 2011; Sands & Edmonds, 2005), a escassez dos recursos hídricos (Kuhn, 2003), o valor dos ecossistemas (Connor et al., 2015; Costanza et al., 2016), bioenergia (Böttcher et al., 2013) ou o combate à desertificação (Salvati et al., 2015) entre outros. Apresentam como principais limitações, o fato de apenas uma parte da economia ser modelada, as preferências dos agentes e da alocação do solo são as mesmas, assim como os fatores climáticos e biofísicos raramente assumem uma variação no tempo de forma a estabelecer um impacto nas diferenças de produtividade do solo.

Quanto aos modelos de equilíbrio geral, estes assumem uma larga preferência em termos de modelação global. Para além de integrarem as principais abordagens dos modelos de equilíbrio parcial, a economia é abordada como um todo e como tal são gerados modelos à escala global, que visam responder a questões globais, como as mudanças climáticas (IPCC, 2014), segurança alimentar (Ge et al., 2014; A. A. Golub et al., 2013; Wheeler & Von Braun, 2013) e mais recentemente na crise de refugiados que se tem verificado na Europa (J. E. Taylor et al., 2016). Para além de algumas limitações já identificadas nos PEM, acrescem-se outras como por exemplo os *inputs* relacionados com o uso do solo, normalmente exclusivos do setor agrícola (representados como um valor agregado à produção).

Por norma apenas a gestão atual é considerada, não permitindo a expansão do uso do solo e fornecendo menos detalhe na descrição da produção comparativamente aos modelos de equilíbrio parcial. As preferências e alocação do solo são idênticas por setor e por região, e normalmente os aspetos climáticos e biofísicos não apresentam impacto no uso do solo uma vez que não são tidos em conta para o cálculo da produtividade.

9.4 - MODELOS INTEGRADOS

Os impactos e as causas dos problemas ambientais, transcendem divisões setoriais, disciplinares, componentes do sistema ou outras que possamos considerar. Isto levou, à necessidade de uma avaliação integrada, entendida como um processo interdisciplinar, que combina múltiplos e diversos componentes que são transversais aos campos sociais,

económicos, organizacionais e conceptuais, de forma a providenciar uma análise compreensiva dos problemas.

A modelação integrada, fornece uma plataforma única para explorar as ligações e os *feedbacks* entre diferentes componentes do sistema, incluindo as implicações do ponto de vista social, económico e ecológico, assim como os seus principais fatores naturais ou antrópicos.

Os modelos integrados são normalmente considerados como uma ferramenta-chave no processo de avaliação integrada, uma vez que contribuem para uma abordagem sistemática e transparente dos fatores de interação entre o sistema. Desta forma, os modelos de avaliação integrada, permitem aos atores envolvidos em processos de tomada de decisão, desenvolver políticas de gestão de recursos e ativos ambientais com o objetivo de proporcionar resultados ambientais e socioeconómicos sustentáveis. Num quadro mais generalizado, os modelos de avaliação integrada, apoiam uma aprendizagem social, ao sensibilizar e integrar a sociedade em processos de tomada de decisão, promovendo desta forma um diálogo científico sobre o futuro (Hamilton *et al.*, 2015).

Neste trabalho foram abordados os modelos climáticos e do sistema da terra como também os modelos de avaliação integrada. Nos primeiros, é descrito no capítulo 5, os esforços levados a cabo pelas diferentes equipas de investigação em todo o mundo, desenvolvendo diversos grupos de modelos climáticos que agrupados deram origem aos CMIP5, que serviram de base para as os cenários RCP's do AR5 do IPCC (2014). Estes cenários, desde a sua publicação, têm sido utilizados por variadíssimos modelos, como é o caso do SIMLUC. Qualquer estudo sobre a evolução futura do solo, tem que integrar projeções sobre o clima, dado a interdependência destes dois sistemas, fazendo desta forma com que os CESM sejam incluídos como modelo, ou modulo nos modelos globais.

9.4.1 – DESAFIOS FUTUROS DOS MODELOS CLIMÁTICOS E DO SISTEMA DA TERRA - CESM

Os efeitos biogeoquímicos ligados às alterações do uso do solo nos CESM, são tidos em conta, apenas em termos de mudanças potenciais na capacidade de armazenamento de carbono devido às variações de gases de efeito de estufa, de modo que os modelos necessitam de atualizações constantes para calcular as emissões GEE devido às alterações de uso do solo. Alguns autores (Chang-Martínez *et al.*, 2015; Michetti & Zampieri, 2014) consideram que seria desejável um quadro geral, que permitisse a transição de diferentes tipos de uso do solo relativamente ao sequestro de carbono, assim como transições que

resultem do degelo das calotes polares a o fluxo gradual previsto de zonas litorais para o interior.

Outros aspetos que os CEMS poderão ajudar a explicar com maior clareza, prende-se com o efeito nos ciclos de azoto e de fósforo no meio ambiente, resultante de ações antropogénicas (Arora & Montenegro, 2011). Neste sentido, surge como um campo emergente e desafiador, a inclusão das dinâmicas de todo o ciclo do azoto e do carbono, que resulta quer das ações naturais quer das ações antrópicas, com a biogeoquímica oceânica que inclua as linhas de água de transporte (Ilyina *et al.*, 2013; Kabat *et al.*, 2004; Regnier *et al.*, 2013).

Outro campo emergente e com muito potencial para os CEMS, relaciona-se com a dinâmica da vegetação. Ainda que se reconheça, que certos distúrbios como a desflorestação, incêndios, pragas, entre outros, possam afetar significativamente a resposta às alterações climáticas (Shellito & Sloan, 2006), as suas implicações na biomassa são raramente consideradas e quando o são, é apenas de forma parcial (Quillet *et al.*, 2010). Vários autores defendem (McAlpine *et al.*, 2010; R. Pielke *et al.*, 2009), que o papel das florestas na prestação dos serviços de ecossistema, deveria ser integrado de uma forma mais detalhada e mais compreensiva nas forças antrópicas, para além dos GEE, assim como a perda de biodiversidade e a correspondente resiliência dos ecossistemas (Menon & Bawa, 1997).

Por fim, um acoplamento em dois sentidos entre os modelos climáticos e os modelos de alteração do uso do solo, normalmente não são considerados. Por norma, é a partir dos modelos climáticos, que são gerados *inputs* que passam a ser integrados nos modelos de alteração do uso do solo. Como consequência desta abordagem unidirecional, algumas das integrações consideradas no AR5 (IPCC, 2014), requerem emissões negativas de GEE, de forma a permitir consistência nos cenários de concentração impostos. Apesar deste fato ser assumido explicitamente no relatório, não deixa de ser considerado no mínimo estranho, tendo em conta as capacidades limitadas das técnicas de sequestro de carbono atualmente propostas.

Relativamente ao AR5, uma aproximação entre a modelação climática e a modelação integrada, poderia originar melhores resultados, como por exemplo no ciclo de carbono natural e antrópico, permitindo estabelecer um *feedback* que represente mudanças climáticas e sociais mais consistentes (Bond-Lamberty *et al.*, 2014). Por outro lado, as incertezas em variáveis climáticas como a temperatura, mas em especial a precipitação,

para alguns autores (Ines & Hansen, 2006; R. A. Pielke, 2013) ainda limitam a integração potencial de modelos integrados de dimensão humana, uma vez que o comportamento humano, depende em muito da evolução dessas mesmas variáveis, com impactos em diferentes escalas e regiões.

9.4.1 – DESAFIOS FUTUROS DOS MODELOS DE AVALIAÇÃO INTEGRADA - IAM

Sendo a base de análise dos IAM, um quadro abrangente que envolve os processos de tomada de decisão proveniente da atividade humana e o seu impacto no meio ambiente, têm surgido diversas aplicações destes modelos, já anteriormente referidas na revisão bibliográfica, onde cada vez aumenta o seu nível de complexidade, de escala, de resolução e de dinâmica de processos.

Relativamente ao setor florestal, as novas abordagens poderão passar por melhorar a modelação endógena (uma lacuna assumida nos modelos revistos que abordam a silvicultura) de futuras implicações biofísicas e económicas das decisões atuais de investimento nas florestas, bem como futuros caminhos na mitigação (Buchholz et al., 2014; Wicke et al., 2012). De acordo com Buchholz, *et al.*, (2014), seria importante separar a modelação florestal intensiva da modelação florestal extensiva, de forma a não representar valores de mercado em ambos os processos, para que se possa integrar outras avaliações nos regimes extensivos, nomeadamente o sequestro de carbono e a multifuncionalidade dos ecossistemas.

Quanto à agricultura, entre outros aspetos, os IAM têm um vasto campo a explorar, relativamente à representação das opções de redução de carbono no solo, assim como nas implicações ambientais no uso de fertilizantes. Além disso, as medidas de mitigação relativas ao setor pecuário, devem ser tidas em linha de conta, sobretudo de forma extensiva (A. A. Golub et al., 2013). Outros casos que são negligenciados nos IAM, como por exemplo os fogos florestais e dos campos agrícolas e as suas implicações na potencial redução enquanto sumidouros de carbono.

Como já foi analisado anteriormente, a produção de biomassa é um setor promissor e que compete atualmente diretamente com a agricultura e com a silvicultura. Pelo facto do seu desenvolvimento ser relativamente recente, existe uma lacuna de dados históricos relativamente à produção. Os trabalhos desenvolvidos recentemente, só podem representar de forma relativamente fraca, a competição pelo uso do solo entre os setores mais tradicionais (produção de alimentos e madeira) e a biomassa (Quillet *et al.*, 2010;

Sharma *et al.*, 2013). As próximas gerações de modelos climáticos económicos devem tentar estes aspetos, calibrando por exemplo as respostas de mitigação a estimativas derivadas de aplicações econométricas que progressivamente vão sendo desenvolvidas (Michetti & Zampieri, 2014).

É também necessária uma melhoria na identificação e avaliação das fontes mais importantes de incerteza que diminuem a capacidade dos IAM. Por exemplo, incorporar sem grande precisão modelos económicos de energia para a análise do uso do solo, devem limitar a incerteza nos parâmetros utilizando estimativas econométricas disponíveis ou calibrando os resultados através de abordagens *bottom-up*.

A integração de modelos de interação espacial do uso do solo nos IAM, é um campo com grande potencial e muito pouco explorado. Desde há muito que campos como o crescimento urbano ou a modelação de transportes explorar largamente estes modelos. Entender como os efeitos das alterações climáticas podem influenciar e mesmo determinar futuras ocupações do solo, analisando as preferências dos agricultores e entendendo o fluxo das populações, perante cenários perca de produtividade ou de substituição de outras culturas como forma de adaptação, é um campo com potencial para grandes desenvolvimentos e que vão proporcionar novas formas de abordar diversos problemas, enriquecendo os IAM.

Finalmente, é necessário ter em consideração, que o grande objetivo dos IAM é auxiliar os agentes com interveniência nos processos de tomada de decisão, fornecendo-lhes informações relevantes sobre os impactos das alterações climáticas, opções políticas, custos e consequências relacionadas. Neste contexto, o grande desafio continua a ser integrar estas premissas num modelo técnico e científico, de forma significativa e compreensível. Nesse sentido, ainda que as incertezas relacionadas com a capacidade dos modelos e as suas limitações sejam bem conhecidas entre a comunidade académica, essas mesmas incertezas são difíceis de interpretar por parte dos decisores políticos (IPCC, 2013).

Desta forma, conciliar ciência, política e prática, representa um grande desafio e exigindo um grande esforço de comunicação. Este processo deveria envolver as partes interessadas, cujo conhecimento poderia ajudar a eliminar barreiras entre a ciência e a política, resultando no benefício para toda a sociedade. Introduzir estas questões nas novas gerações de IAM, aumentaria significativamente as projeções futuras de procura e de oferta do mercado da terra, num cenário de base ou em cenários de estabilização

climática. Tal poderia traduzir-se numa melhor estimativa dos montantes e custos de medidas de mitigação, tanto nos setores de ocupação rural dos solos (agricultura, pecuária, floresta), como para os setores dos transportes, urbanos e industriais. Deste modo, estimativas mais avançadas de procura futura de terra e da projeção da oferta para cada tipo de uso do solo, permitiriam a elaboração de cenários mais harmonizados e mais precisos de ocupação do solo.

9.5– SÍNTESE

O desenho do custo efetivo da elaboração de políticas de estabilização, requer ter em linha de conta o papel e o *feedback* entre a economia, o clima e o ambiente. O sistema da Terra envolve, simultaneamente, uma dimensão global e uma paisagem contínua, que comunica através de uma série de processos interativos, afetando os sistemas económicos e climáticos. Desta forma, os conjuntos de opções de mitigação, variam de acordo com as regiões, dependendo do clima presente e daquele que se verificará no futuro, do esforço de redução dos GEE, da dotação de recursos e dos custos de oportunidade.

Enquadrar os desafios emergentes no campo da modelação do uso do solo, face aos desafios constantes, não se reduz numa imagem banal, antes pelo contrário. Os processos de modelação têm sido dificultados pela complexidade subjacente, pela falta de dados, pela limitada colaboração na pesquisa científica entre os diferentes grupos de modelação, pela capacidade computacional existente e pela falta de incluir novos conceitos e novos módulos de simulação.

No entanto, foram realizados um elevado número de ensaios, biogeoquímicos, biofísicos, geográficos ou económicos do sistema da Terra, onde muitos deles foram identificados ao longo deste trabalho, que são um contributo de inestimável valor no campo da modelação do uso do solo. No entanto, estas abordagens específicas, mesmo assim têm proporcionado um espaço limitado para analisar as interações entre Homem e a ocupação e uso do solo.

Apenas recentemente, devido ao desenvolvimento de conjuntos de dados e de estratégias de modelação, o sistema da Terra foi incorporado na análise de medidas de mitigação do clima, que analisa as interações os mecanismos de *feedback*. Atualmente, os quadros integrados de IAM e CESM representam os esquemas de modelação mais avançados para lidar com a complexidade dos mecanismos de uso do solo. Enquanto os CESM são utilizados para entender os estados climáticos e as interações entre a atmosfera e a Terra,

o seu clima e a sua biogeoquímica, os IAM exploram os efeitos da componente humana no sistema da Terra (como por exemplo, as alterações de uso do solo). Os primeiros, dão uma atenção limitada aos processos antropogénicos dinâmicos e interativos do uso do solo, enquanto os segundos, trabalham com uma baixa resolução geográfica e espacial, simplificando os processos do clima e do sistema terrestre. Tanto os IAM como os CESM, são habilitados para enquadrar *feedbacks* existentes entre o uso do solo e a economia, o clima e outros processos físicos.

O modelo de interação espacial do uso do solo (nas suas versões SIMLU V1.0 e SIMLU V2.0), é um modelo estático, sem a incorporação de sistemas dinâmicos que permitem processos de simulação no tempo e no espaço. O seu equilíbrio pela procura e pela oferta só é conseguido com a introdução das *bid-rents*, sem o qual o SIMLU nunca passaria de um modelo geográfico. Tal só foi possível com o desenvolvimento de uma metodologia de classes de uso, onde diferentes atividades competem pela mesma unidade de solo desde que esta tenha aptidão para suportar essa mesma atividade.

Tanto os grupos de modelação CESM como IAM, reconhecem a necessidade de colaborar em conjunto de uma forma interdisciplinar, com trocas de dados e de cenários. Foram produzidos e partilhados cenários harmonizados sobre concentrações de GEE, bem como cenários de transições globais de alteração da cobertura do solo entre os dois grupos, cuja colaboração ficou bem patente nos AR5 do IPCC (2014). Estes grupos de modelação, ajudarão a aprofundar a compreensão da resposta do sistema terrestre, a mudanças do uso do solo que por sua vez levam a alterações climáticas.

No entanto, a investigação neste domínio é bastante complexa e relativamente recente. É de prever que nos próximos anos, seja necessária uma maior colaboração, de forma a enquadrar e incorporar os *feedbacks* e as interdependências entre a sociedade, a economia e o meio ambiente, num único e robusto quadro global. Para que tal aconteça, é necessário implementar medidas de melhoria fatores inerentes a estes modelos, nomeadamente no que se refere a: escalas temporais, nível de resolução e grau de incerteza.

CAPÍTULO 10

CONCLUSÕES

10 - CONCLUSÕES

10.1 – TÓPICOS DA TESE

Os problemas de desenvolvimento sustentável têm uma expressão espacial onde diferentes disciplinas criam imagens diferentes. Com base neste princípio, os diferentes grupos de investigação, criam, desenvolvem e aplicam técnicas, metodologias e modelos, que possam contribuir para a satisfação das crescentes exigências da sociedade em múltiplos bens e serviços como por exemplo a criação de emprego, alimentos, água, biodiversidade, bioenergia ou o sequestro de carbono, que por sua vez resultam do uso e da ocupação do solo. No entanto, a abordagem destas questões de forma disciplinar cria uma imagem parcial, onde o sistema não é analisado como um todo.

Os *trade-offs* e a complementaridade entre bens e serviços, exigem uma integração disciplinar dos vários campos da ciência como a ecologia, a climatologia, a economia, a sociologia, a geografia, a ciência política e a ética. Esta visão interdisciplinar, que se traduz no *core* onde assenta o programa de doutoramento em gestão interdisciplinar da paisagem, está na origem do desenvolvimento dos modelos integrados, que incluem modelos climáticos e do sistema da Terra e modelos de avaliação integrada.

A integração de vários campos da ciência, unidos em torno de um objetivo comum, permite entender, analisar e explicar os processos de interação entre o Homem, a economia e o meio ambiente, assente numa distribuição espacial da ocupação do território.

De forma a responder ao quadro acima descrito, foi desenvolvido neste trabalho, uma metodologia integradora – SIMLUC, que incorpora modelos independentes e cujos *outputs* são incorporados e interligados com *feedbacks* parciais. Trata-se de um modelo estático, ainda que o equilíbrio seja alcançado com a calibração das *bid-rents*.

O primeiro módulo, trata-se dum modelo geográfico de aptidões com distribuição espacial (*grids* com resolução de 25 x 25 m), onde são incorporadas variáveis edafoclimáticas (relevo, capacidade de uso dos solos, temperatura média anual e precipitação anual acumulada). Este modelo centra-se em aptidões relacionadas com o uso do solo para os setores agrícola horticultura, culturas de regadio e de sequeiro, pecuária e silvícola, ainda que não sejam excluídas de forma alguma os setores urbanos e indústrias. É desenvolvida uma metodologia de aptidão flexível, que permite incorporar

dados provenientes dos modelos climáticos (neste caso de estudo foram utilizadas as projeções do AR5 do IPCC, 2014).

O segundo módulo, incorpora um modelo de interação espacial com a ocupação do uso do solo – SIMLU, fundamentado na teoria de interação espacial dos modelos gravitacionais e na teoria da base económica. Este modelo distribui emprego por setores de atividade e população residente pelas diferentes áreas de estudo, tendo em conta fatores como a distância não topológica, custos de transporte, atratividades e áreas de aptidão a cada setor de atividade considerado. Trata-se de um modelo económico de equilíbrio parcial, que permite descrever e prever fluxos de bens e serviços, população e informação ao longo do tempo e do espaço e ao mesmo tempo gerar padrões de ocupação do solo, tendo por base a identificação das principais atividades e dos fatores que as caracterizam (produtividade, consumo e emprego).

O terceiro módulo, é um modelo geográfico de distribuição e apresentação dos principais resultados obtidos, nomeadamente mapas de ocupação do uso do solo (que derivam dos *outputs* do SIMLU), desenvolvido em algoritmos numa plataforma SIG.

A integração dos módulos que funcionam como modelos separados, resultando num quadro de avaliação integrada – SIMLUC, que permite obter cenários futuros da ocupação do uso do solo, do emprego e da população, mediante condições futuras. Neste trabalho, o SIMLUC foi calibrado, validado e testado para duas regiões distintas (ilha Terceira nos Açores e bacia de Tahaddart e áreas adjacentes no norte de Marrocos) de forma a incorporar as projeções das alterações climáticas, estimando desta forma o seu impacto na população, no emprego e alocação espacial do solo daí resultante.

10.2 – ALCANCE DO OBJETIVO

O foco do trabalho concentrou-se no desenvolvimento de uma ferramenta de modelação interdisciplinar que permite a interação entre o Homem, a economia e o ambiente, num quadro de análise espacial. Foi desenhado e testado, um modelo de interação espacial, com capacidade de estimar alterações no uso do solo – SIMLU.

O SIMLU, é uma aplicação que funciona de forma autónoma, permitindo ser utilizada como uma ferramenta de apoio à decisão nas áreas do planeamento e ordenamento do território, apresentando-se como mais uma opção a ser tida em conta na promoção do desenvolvimento regional sustentável. Esta aplicação, permitiu integrar dois módulos geográficos, um de determinação de áreas de aptidão e outro de distribuição espacial da

ocupação do solo, que permite assim representar de uma forma integrada o homem, a economia e o ambiente no tempo e no espaço.

Resultando de um quadro de avaliação integrada, o SIMLUC, permite desenvolver cenários de evolução do uso do solo, abordando questões multidisciplinares como são o caso das alterações climáticas. Nesse sentido, foram feitas simulações em diferentes regiões, com base nos cenários de projeções climáticas desenvolvidos pelo IPCC (2014).

Por fim, aplicou-se a metodologia desenvolvida as regiões (ilha Terceira e bacia de Tahaddart e áreas adjacentes), com características completamente distintas, desde a sua estrutura socioeconómica, dimensão populacional, solos, clima, relevo, padrões de consumo, produtividade entre outros.

10.3 – AVANÇOS METODOLÓGICOS

No modelo de interação espacial do uso do solo, o equilíbrio entre a procura e a oferta de cada espaço é conseguido através da calibração das *bid-rents* de cada local, á semelhança dos modelos económicos de equilíbrio parcial.

Os modelos de interação espacial são há muito desenvolvidos e utilizados no planeamento urbano e nas redes de transportes, contudo, aplicado num quadro de sustentabilidade regional e avaliação integrada, analisando a interação entre o homem, a economia e o ambiente, assume-se com um dos primeiros, se não talvez o primeiro a ser utilizado neste tipo de abordagem.

Ao contrário dos modelos económicos de equilíbrio parcial, o SIMLU assume um espaço heterogéneo e diversificado, ao contrário dos princípios de gestão de práticas agrícolas que são assumidos como homogéneos à semelhança dos PEM.

Uma das grandes novidades neste modelo, comparativamente a outros PEM, é o fato de serem introduzidos o conceito de flexibilidade da classe das permite competição no espaço de mais que um setor aptidões do solo, que de atividade pelo mesmo uso, refletindo o sistema de preferências e de decisão humana sobre o uso do solo.

Pelo fato de ser baseado em teorias gravitacionais, o SIMLU, disponibiliza informações suplementares, como a distribuição do emprego e da população. Para além dos mais, as *bid-rents*, permitem o equilíbrio dos modelos espaciais, sendo diretamente proporcionais às atratividades e complementar aos custos de transporte, estabelecendo uma relação entre o tipo de uso do solo e o valor do tipo de uso do solo.

A utilização das *bid-rents*, permite fazer uma avaliação económica do valor da terra na sua totalidade, algo que nenhum dos modelos abordados na literatura tem a capacidade de fazer.

10.4 – RECOMENDAÇÕES

Da análise dos modelos citados na literatura, alguns dos quais com mais de uma década, detetamos inovação com o passar do tempo. Novas técnicas são implementadas e os modelos vão sendo progressivamente melhorados, num esforço contínuo, que muitas vezes envolve equipas com grandes recursos, sobretudo nos modelos mais utilizados à escala global.

O SIMLUC, está longe de ser um modelo perfeito, aliás nenhum o é. Apesar de corresponder adequadamente às questões levantadas, funcionar sem bases de dados muito complexas, tem várias limitações que podem ser ultrapassadas.

A desagregação espacial dos dados é um processo lento, nomeadamente a alocação espacial do emprego, uma vez que a distribuição não é proporcional às áreas, existem atratividades e competição pelo mesmo espaço, sendo necessário executar o modelo e proceder a correções, que nunca podem ser nas áreas pois estas são fixas.

Relativamente à dimensão temporal, a tecnologia é assumida como constante, que de resto é uma lacuna inerente aos IAM, uma vez que são utilizadas medidas de avaliação relativamente ao consumo de energia empregue na produção, mas nunca é explicado como poderá evoluir a tecnologia. Entramos na chamada “zona cinzenta” que corresponde às incertezas dos modelos. Além do mais, o modelo simplifica o comportamento das pessoas, das funções de produção ou da regulação. Do mesmo modo, que no cálculo das aptidões, estas são simplificadas de modo a que seja possível a operabilidade do modelo. Na verdade, como qualquer modelo, trata-se sempre duma aproximação da realidade.

Finalmente, o facto de o SIMLUC incorporar o modelo da base, ignora de alguma forma as dinâmicas associadas aos fatores endógenos, nomeadamente o emprego não básico, uma vez que o crescimento é totalmente determinado pelo lado da procura, não sendo levado em linha de conta o lado da oferta.

Relativamente aos módulos geográficos, o seu desenvolvimento em *phynton* para SIG, tornam os processos muitos lentos, exigindo grande capacidade de computação. A

possibilidade de migrar para outra plataforma fora da ESRI poderá ser uma solução, ou então desenvolver os algoritmos de raiz em linguagem de programação R. Esta linguagem de programação, ainda que mais rudimentar é aceite quase universalmente, permitindo calcular *grids* de distribuição do uso do solo de forma mais eficiente, uma vez que trabalha apenas com informação alfanumérica, ao contrário do ArcMap 10.2, onde cada cálculo do algoritmo de aproximação é guardado na memória, tornando-se insustentável calcular milhares de combinações, o que faz com que a distribuição tenha que ser feita por cada zona de forma individual e mesmo assim, exige-se boa capacidade de computação. Este problema, no entanto, poderá de existir num futuro próximo se a ESRI corrigir este problema no seu *software*.

Por último, a divulgação dum trabalho passa por várias etapas. Desde os encontros científicos, às publicações ou à utilização desta ferramenta de trabalho em novos projetos técnicos e científicos. É com equipas dinâmicas que a modelação nasce, desenvolve-se, mas nunca atinge um ponto ótimo. Quando estagna, é sinal que foi ultrapassada. Há sempre necessidade de introduzir algo de novo com vista a responder a problema que emergem sistematicamente.

10.5 – CONSIDERAÇÕES FINAIS

As alterações climáticas não serão o único *driver* que afetará as mudanças no uso do solo. Se olharmos para a história, conseguimos entender em algumas situações onde os processos de evolução da ocupação do solo estão ligados a alterações provocadas por processos naturais ou antrópicos.

Os ciclos económicos são acompanhados sempre por processos estruturais nas sociedades com impacto direto na ocupação do território. Deste modo, as alterações do uso do solo, são extremamente influenciadas pelos fluxos globalizados de *commodities*, informações, capital e pessoas, que estão intimamente ligados a fatores de distância aos mercados, frequentemente associados aos consumidores urbanos dos mercados emergentes (Meyfroidt *et al.*, 2013). As intervenções à escala local ou regional para promover o uso sustentável do solo, podem ter efeitos não intencionais no exterior, promovendo uma alocação da terra para diferentes regiões ou países. Neste trabalho, ao considerarmos uma zona externa, pretende-se enquadrar essa mesma questão, refletindo a procura e a oferta na área de estudo, no entanto a dimensão espacial da zona externa não é definida, podendo ser interpretada como todo o sistema remanescente. Compreender estas interações, os

mercados emergentes e os *feedbacks* entre sistemas socio-ecológicos distantes proporcionado por uma economia de mercado globalizada, apresenta-se como um grande desafio.

Tendo em conta o abrandamento do crescimento da população, sobretudo nos países desenvolvidos, alterações nos hábitos alimentares, abandono dos biocombustíveis e continua evolução da tecnologia, podem libertar até cerca de 146 milhões de hectares de terras cultiváveis atualmente, fazendo com este solo seja devolvido à natureza desempenhando as suas funções naturais no equilíbrio dos ecossistemas (Ausubel *et al.*, 2013).

Desenvolver investigações relacionando questões inerentes à globalização, incluindo os fluxos materiais e monetários ao longo das cadeias de valor e entre diferentes regiões e países, relacionando com as alterações reais no uso do solo e os respetivos impactos ambientais provocados, levanta novos desafios metodológicos (Ausubel *et al.*, 2013).

Os modelos de uso do solo desenvolvidos a nível local e regional, possibilitam uma melhor compreensão dos processos de alteração do uso do solo a nível local. A combinação de modelos económicos globais, combinados com os modelos de escala local ou regional, apresentam-se como uma nova geração de modelos e métodos multi-escala de análise de processos locais e a sua interação na escala global, permitindo entender melhor as relações casuais ligando as alterações do uso do solo, o comércio, o crescimento demográfico assim como as políticas adotadas.

Promover o desenvolvimento sustentável regional e evitar a mudança de externalidades ambientais negativas num contexto espacial, requer melhores fatores de integração associados à procura dos recursos e das cadeias de valor de *commodities* que ligam produtores e consumidores a nível global, que vai para além da visão tradicional da alteração do uso do solo.

Por fim e num contexto mais generalista, a visão que os modelos de alterações do uso do solo são ferramentas no apoio à tomada de decisão, deve ser entendida num quadro global. Ao analisarmos os relatórios do IPCC, da EEA ou do UNEP, no que se às questões globais com impacto na alteração do uso do solo, continuamos a deparar-nos com medidas de ação e de planeamento ainda ligadas às funções operacionais (reagir, responder, mitigar, gerir, controlar e adaptar). Os desafios futuros passam por criar estratégias, não encarar as mudanças do uso do solo como uma fatalidade, mas sim como uma evolução que

resulta da tomada de decisão dos comportamentos humanos que deve ser seguida de uma estratégia global de desenvolvimento sustentável que assente em ações concretas de planeamento de forma a antecipar os acontecimentos, preparando a sociedade para as mudanças que irão ocorrer criando desta forma novas oportunidades.

O ser humano tem a capacidade de se adaptar ao meio ambiente que o rodeia, de se mover, explorar, inovar e redescobrir-se a si próprio. No entanto, a sustentabilidade do meio ambiente é uma responsabilidade das gerações atuais, recebemos um legado do passado, usufruímos dele e temos a responsabilidade de o passar às gerações vindouras. Da mesma forma que nos emprestam um livro e usufruímos dele, devolvemo-lo para que outros o possam ler. Cada um de nós pode e deve contribuir para o desenvolvimento da sociedade e do meio que nos suporta a todos. E porque não com uma ferramenta de modelação do território?

BIBLIOGRAFIA

BIBLIOGRAFIA

- Abbad, G., & Torres, C. (2002). Regressão múltipla stepwise e hierárquica em Psicologia Organizacional: aplicações, problemas e soluções. *Estudos de Psicologia*(7), 19-29.
- Abdullahi, S., & Pradhan, B. (2016). Sustainable Brownfields Land Use Change Modeling Using GIS-based Weights-of-Evidence Approach. *Applied Spatial Analysis and Policy*, 9(1), 21-38. doi: 10.1007/s12061-015-9139-1
- ADA. (2012). Étude d'Impact Environnemental et Social de 18 Projets Pilier II du Plan Maroc Vert. In Phenixa (Ed.). Rabat: Agence pour le Développement Agricole du Royaume du Maroc.
- Adams, D. M., Alig, R. J., Callaway, J. M., Winnett, S. M., & McCarl, B. A. (1996). *The Forest and Agricultural Sector Optimization Model (FASOM): Model Structure and Policy Applications*: Diane Publishing Company.
- Agarwal, C., Green, G. L., Grove, M., Evans, T., & Schweik, C. (2000). A Review and Assessment of Land-Use Change Models - Dynamics of Space, Time, and Human Choice. Bloomington - Indiana: Center for the Study of Institutions Population, and Environmental Change Indiana University.
- Agarwal, C., Green, G. M., Grove, J. M., Evans, T. P., & Schweik, C. M. (2002). A review and assessment of land-use change models: dynamics of space, time, and human choice.
- Agusti, M. (2000). *Citricultura*. Madrid: Ediciones Mundi-Prensa.
- Ahmed, T., Ahmad, B., & Ahmad, W. (2015). Why do farmers burn rice residue? Examining farmers' choices in Punjab, Pakistan. *Land Use Policy*, 47, 448-458. doi: <http://dx.doi.org/10.1016/j.landusepol.2015.05.004>
- Albergaria, H., Ribeiro, J., Santos, J., Cruz, F., Pontes, J., Figueiredo, O., & Guimarães, P. (2009). A teoria da localização *Compêndio de economia regional*. APDR - Coimbra: Principia
- Alcamo, J., Kreileman, E., Krol, M., Leemans, R., Bollen, J., Van Minnen, J., . . . De Vries, B. (1998). Global modelling of environmental change: an overview of IMAGE 2.1. *Global change scenarios of the 21st century. Results from the IMAGE*, 2(1), 3-94.
- Allen, R. G., Pereira, L. S., Raes, D., & Smith, M. (1998). *Crop evapotranspiration - Guidelines for computing crop water requirements*: FAO.
- Alonso, W. (1964). *Location and Land Use*. Cambridge-MA: Harvard University Press.
- Amaral, J. D. (1982). *Os citrinos - 3ª Edição*. Lisboa: Livraria Clássica
- Anselme, B., Bousquet, F., Lyet, A., Etienne, M., Fady, B., & Le Page, C. (2010). Modelling of spatial dynamics and biodiversity conservation on Lure mountain (France). *Environmental Modelling & Software*, 25(11), 1385-1398. doi: <http://dx.doi.org/10.1016/j.envsoft.2009.09.001>
- Antonellini, M., Dentinho, T., Khattabi, A., Masson, E., Mollema, P. N., Silva, V., & Silveira, P. (2014). An integrated methodology to assess future water resources under land use and climate change: an application to the Tahadart drainage basin (Morocco). *Environmental Earth Sciences*, 71(4), 1839-1853. doi: 10.1007/s12665-013-2587-5
- Antrop, M. (2005). Why landscapes of the past are important for the future. *Landscape and Urban Planning*, 70(1-2), 21-34. doi: <http://dx.doi.org/10.1016/j.landurbplan.2003.10.002>

- Aranda, S. (2007). *Agricultura na Ilha Terceira – Do povoamento ao início do século XXI: Associação Agrícola da Ilha Terceira*.
- Arnell, N., Kram, T., Carter, T. R., Ebi, K., Edmonds, J., Hallegatte, S., . . . Zwickel, T. (2011). A framework for a new generation of socioeconomic scenarios for climate change impact, adaptation, vulnerability and mitigation research *Scenario Framework Paper*.
- Arora, V. K., & Montenegro, A. (2011). Small temperature benefits provided by realistic afforestation efforts. [10.1038/ngeo1182]. *Nature Geosci*, 4(8), 514-518. doi: <http://www.nature.com/ngeo/journal/v4/n8/abs/ngeo1182.html#supplementary-information>
- Asami, Y., Bunruamkaew, K., & Murayam, Y. (2011). International Conference: Spatial Thinking and Geographic Information Sciences 2011 Site Suitability Evaluation for Ecotourism Using GIS & AHP: A Case Study of Surat Thani Province, Thailand. *Procedia - Social and Behavioral Sciences*, 21, 269-278. doi: <http://dx.doi.org/10.1016/j.sbspro.2011.07.024>
- Assessment, M. E. (2003). *Ecosystems and human well-being* (Vol. 200). Washington, DC: Millennium Ecosystem Assessment.
- Ausubel, J. H., Wernick, I. K., & Waggoner, P. E. (2013). Peak Farmland and the Prospect for Land Sparing. *Population and Development Review*, 38, 221-242. doi: 10.1111/j.1728-4457.2013.00561.x
- Azevedo, E. B. (1996). *Modelação do Clima Insular à Escala Local. Modelo CIELO aplicado à ilha Terceira*. PhD, Universidade dos Açores, Angra do Heroísmo.
- Azevedo, E. B. (2015). *O Clima dos Açores Monografia: Centro do Clima, Meteorologia e Mudanças Globais da Universidade dos Açores*.
- Baker, W. L. (1989). A review of models of landscape change. *Landscape Ecology*, 2(2), 111-133. doi: 10.1007/bf00137155
- Bank, W. (2010). *Economics of Adaptation to Climate Change: Synthesis Report*. Washington, D.C
- Batty, M., Crooks, A. T., See, L. M., & Heppenstall, A. J. (2012). Perspectives on Agent-Based Models and Geographical Systems. In A. J. Heppenstall, A. T. Crooks, L. M. See & M. Batty (Eds.), *Agent-Based Models of Geographical Systems* (pp. 1-15). Dordrecht: Springer Netherlands.
- Beek, K. J., de Bie, K., & Driessen, P. (1997). Land information and land evaluation for land use planning and sustainable land management. *The Land*, 1, 27-44.
- Benítez, P. C., & Obersteiner, M. (2006). Site identification for carbon sequestration in Latin America: A grid-based economic approach. *Forest Policy and Economics*, 8(6), 636-651. doi: <http://dx.doi.org/10.1016/j.forpol.2004.12.003>
- Bernardino, M., & Espírito Santo, F. (2015). Identificação de metodologias para a definição de cenários climáticos no contexto das alterações climáticas no sector do turismo *Projeto AdaPT AC:T, v0*. Lisboa: LNEC e IPMA.
- Biscaia, R., & Mota, I. (2013). Models of spatial competition: A critical review*. *Papers in Regional Science*, 92(4), 851-871. doi: 10.1111/j.1435-5957.2012.00441.x
- Blau, P. M. (1963). Critical Remarks on Weber's Theory of Authority. *The American Political Science Review*, 57(2), 305-316. doi: 10.2307/1952824
- Blikstein, M. (1982). *Modelos matemáticos no planeamento de transportes urbanos: uma abordagem crítica*. Fundação Gertúlio Vargas, São Paulo.
- Blume, L. E. (2008). convexity. In S. N. Durlauf & L. E. Blume (Eds.), *The New Palgrave Dictionary of Economics*. Basingstoke: Palgrave Macmillan.

- Bond-Lamberty, B., Calvin, K., Jones, A., Mao, J., Patel, P., Shi, X., . . . Zhou, Y. (2014). Coupling earth system and integrated assessment models: The problem of steady state. *Geosci. Model Dev. Discuss*, 7, 1499-1524.
- Borba, J. O., & Dentinho, T. P. (2016). Evaluation of urban scenarios using bid-rents of spatial interaction models as hedonic price estimators: an application to the Terceira Island, Azores. [journal article]. *The Annals of Regional Science*, 56(3), 671-685. doi: 10.1007/s00168-016-0764-7
- Borrego, C., Lopes, M., Ribeiro, I., & Carvalho, A. (2009). As alterações climáticas: uma realidade transformada em desafio. *Periódico do CIEDA e do CIEJD - UA*, 1, 15-40.
- Böttcher, H., Frank, S., Havlík, P., & Elbersen, B. (2013). Future GHG emissions more efficiently controlled by land-use policies than by bioenergy sustainability criteria. *Biofuels, Bioproducts and Biorefining*, 7(2), 115-125.
- Bowler, J. M., Johnston, H., Olley, J. M., Prescott, J. R., Roberts, R. G., Shawcross, W., & Spooner, N. A. (2003). New ages for human occupation and climatic change at Lake Mungo, Australia. [10.1038/nature01383]. *Nature*, 421(6925), 837-840. doi: http://www.nature.com/nature/journal/v421/n6925/suppinfo/nature01383_S1.html
- Briassoulis, H. (2000). *Analysis of Land Use Change: Theoretical and Modeling Approaches*: Regional Research Institute, West Virginia University.
- Brooks, J., & Dewbre, J. (2006). Global trade reforms and income distribution in developing countries. *Journal of Agricultural and Development Economics*, 3(1), 86-111.
- Bryngelsson, D. K., & Lindgren, K. (2012). A conceptual partial equilibrium model of global agricultural land-use. Göteborg - Sweden: Chalmers University of Technology.
- Buchholz, T., Friedland, A. J., Hornig, C. E., Keeton, W. S., Zanchi, G., & Nunery, J. (2014). Mineral soil carbon fluxes in forests and implications for carbon balance assessments. *GCB Bioenergy*, 6(4), 305-311.
- Burniaux, J. M., & Lee, H.-L. (2003). *Modelling Land Use Changes in GTAP West Lafayette, IN, USA*: Center for Global Trade Analysis Project.
- Burrough, P. A. (1986). *Principles of Geographic Information Systems for Land Resources Assessment*. Oxford: Oxford University Press.
- Burrough, P. A., McDonnell, R. A., McDonnell, R., & Lloyd, C. D. (2015). *Principles of geographical information systems*: Oxford University Press.
- Buurman, J., Rietveld, P., & Scholten, H. (2001). The Land Market: A Spatial Economic Perspective. In J. Stillwell & H. Scholten (Eds.), *Land Use Simulation for Europe* (pp. 65-82). Dordrecht: Springer Netherlands.
- Calado, H., Porteiro, J., Botelho, A., Medeiros, A., Pereira, J., Paramio, L., . . . Santos, M. (2003). Relatório do Estado do Ordenamento do Território - REOTA. In V. Cruz, R. M. Pereira, M. Rocha & S. Furtado (Eds.), (pp. 322). Ponta Delgada: Dorecção Regional do Ordenamento do Território e dos Recursos Hídricos - Secretaria Regional do Ambiente e do Mar.
- Calado, L. (2009). Aplicação de um modelo de programação linear às lagoas dos Açores – Avaliação do impacto da actividade agro-pecuária na qualidade da água e efeito no emprego local. In E. Dias, L. Cancela, L. Fonseca, P. Beja & T. Dentinho (Eds.), *Teses em Gestão Integrada da Água* (pp. 103-190). Lisboa: Principia.
- Capello, R. (2015). *Regional Economics*: Taylor & Francis.
- Cavallar, W. (Cartographer). (1950). Esquisse Préliminaire de la Carte des Sols du Maroc (1: 500 000).

- Champion, A., Bramley, G., Fotheringham, A. S., Macgill, J., & Rees, P. (2003). A migration modelling system to support government decision-making. In S. Geertman & J. C. H. Stillwell (Eds.), *Planning Support Systems in Practice* (pp. 266-290). Berlin: Springer.
- Chang-Martínez, A. L., Mas, J.-F., Valle, T. N., Torres, S. P., & Folan, J. W. (2015). Modeling Historical Land Cover and Land Use: A Review from Contemporary Modeling. *ISPRS International Journal of Geo-Information*, 4(4). doi: 10.3390/ijgi4041791
- Christaller, W. (1933). zentralen orte in süddeutschland (T. c. p. o. s. Germany, Trans.). In G. Fischer (Ed.), (Englewood Cliffs-NJ ed.): Verlag. (Reprinted from: 1966).
- Committee, G. S. (2014). *Advancing land change modeling: opportunities and research requirements*: National Academies Press.
- Connor, J. D., Bryan, B. A., Nolan, M., Stock, F., Gao, L., Dunstall, S., . . . Grundy, M. (2015). Modelling Australian land use competition and ecosystem services with food price feedbacks at high spatial resolution. *Environmental Modelling & Software*, 69, 141-154.
- Costa, J. P. (2010). *Criação de cenários de expansão urbana com recurso a autómatos celulares no apoio ao planeamento e gestão territorial: Cabeceiras de Basto (Norte de Portugal)*. Msc, Universidade do Porto, Porto.
- Costa, J. S., Delgado, A. P., & Godinho, I. M. (2011). Compêndio de Economia Regional. In J. S. Costa, T. Dentinho & P. Nijkamp (Eds.), *Compêndio de Economia Regional* (Vol. II, pp. 439-448). Cascais: Principia.
- Costanza, R., d'Arge, R., De Groot, R., Farber, S., Grasso, M., Hannon, B., . . . Paruelo, J. (2016). The Value of the World's Ecosystem Services and Natural Capital (1997). *The Globalization and Environment Reader*, 117.
- Cota Rodrigues, F. (2002). *Hidrogeologia da Ilha Terceira*. PhD, Universidade dos Açores, Angra do Heroísmo.
- Cunha, J. (2008). *Nova Geografia Econômica: Um Ensaio para o Brasil*. PhD, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre.
- Daccache, A., Keay, C. A., Jones, R. J., Weatherhead, E. K., Stalham, M. A., & Knox, J. W. (2012). Climate change and land suitability for potato production in England and Wales: impacts and adaptation. *The Journal of Agricultural Science*, 150(02), 161-177.
- Darwin, R. (1999). A FARMer's View of the Ricardian Approach to Measuring Agricultural Effects of Climatic Change. *Climatic Change*, 41(3), 371-411. doi: 10.1023/a:1005421707801
- Davis, D. (1995). Intra-industry trade: A Heckscher-Ohlin-Ricardo approach *Journal of International Economics*, 39, 201-226.
- de Koning, G. H. J., Verburg, P. H., Veldkamp, A., & Fresco, L. O. (1999). Multi-scale modelling of land use change dynamics in Ecuador. *Agricultural Systems*, 61(2), 77-93. doi: [http://dx.doi.org/10.1016/S0308-521X\(99\)00039-6](http://dx.doi.org/10.1016/S0308-521X(99)00039-6)
- Debreu, G. (1959). *Theory of Value*. Yale University Press: New Haven.
- Delgado, A., & Godinho, I. (2011). Medida de localização das atividades e de especialização regional. In T. P. D. José Silva Costa, Peter Nijkamp (Ed.), *Compêndio de Economia Regional* (Vol. II, pp. 758). Cascais: Principia.
- Demaris, A. (1992). Logit Modeling. Retrieved from <http://methods.sagepub.com/book/logit-modeling>. doi: 10.4135/9781412984836
- Deng, X., Liu, J., Lin, Y., & Shi, C. (2013). A Framework for the Land Use Change Dynamics Model Compatible with RCMs. *Advances in Meteorology*, 2013, 7. doi: 10.1155/2013/658941

- Deschênes, O., & Greenstone, M. (2007). The Economic Impacts of Climate Change: Evidence from Agricultural Output and Random Fluctuations in Weather. [10.1257/aer.97.1.354]. *American Economic Review*, 97(1), 354-385.
- Dessler, A. E., Schoeberl, M. R., Wang, T., Davis, S. M., & Rosenlof, K. H. (2013). Stratospheric water vapor feedback. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 110(45), 18087-18091. doi: 10.1073/pnas.1310344110
- Di Gregorio, A., & Jansen, L. (2005). *Land Cover Classification System - LLCS*. Rome: FAO - Food and Agriculture Organization of the United Nations.
- Dias, E., Elias, R., Melo, C., & Mendes, C. (2007). *A chegada do portugueses às ilhas - o antes e o depois* (Vol. 6): Fundação Luso Americana.
- Dias, F. S. (1995). A importância da "economia da laranja" no Arquipélago dos Açores durante o século XIX. *Arquipélago*, 1(2), 189-240.
- Dias, P. (2008). *Açores* (Vol. 3). Lisboa: Editor Publico.
- Dixit, A. K., & Stiglitz, J. E. (1977). Monopolistic competition and optimum product diversity. *American Economic Review*, 67, 297-308.
- Dorsey, B. (1999). Agricultural Intensification, Diversification, and Commercial Production among Smallholder Coffee Growers in Central Kenya*. *Economic Geography*, 75(2), 178-195. doi: 10.1111/j.1944-8287.1999.tb00122.x
- DROTRH, S.-. (2007). Carta de Ocupação do Solo da Região Autónoma dos Açores (pp. 56): Secretaria Regional do Ambiente e do Mar - Direcção regional do Ordenamento do Território e dos Recursos Hídricos.
- Dubey, V. (1964). The definition of regional economics. *Journal of Regional Science*, 5(2), 25-29.
- Duranton, G. (2008). spatial economics. In S. N. Durlauf & L. E. Blume (Eds.), *The New Palgrave Dictionary of Economics*. Basingstoke: Palgrave Macmillan.
- Echenique, M., Grinevich, V., Hargreaves, A., & Zachariadis, V. (2015). A Land Use and Spatial Interaction Model based on Random Utility Theory and Social Accounting Matrices Cambridge - UK: The Martin Centre, Department of Architecture - University of Cambridge.
- Economides, N. (1993). HOTELLING'S "MAIN STREET" WITH MORE THAN TWO COMPETITORS*. *Journal of Regional Science*, 33(3), 303-319. doi: 10.1111/j.1467-9787.1993.tb00228.x
- EEA. (2007). Europe's environment - The fourth assesement *State of the environment report No 1/2007*: European Environment Agency.
- EEA. (2011). *Corine Land Cover Final Report 2011*: European Environment Agency.
- Eickhout, B., van Meijl, H., Tabeau, A., & van Rheenen, T. (2007). Economic and ecological consequences of four European land use scenarios. *Land Use Policy*, 24(3), 562-575. doi: <http://dx.doi.org/10.1016/j.landusepol.2006.01.004>
- Europe, C. o. (2000). *European Landscape Convention*. (CETS). Florence: Retrieved from <http://conventions.coe.int/Treaty/en/Treaties/Html/176.htm>.
- Fagan, B. (2007). *O Longo Verão: como o clima mudou a civilização*. Lisboa: Edições 70.
- FAO. (1976). A framework of land evaluation. In U. N. Food and Agriculture Organisation (Ed.), *FAO Soils Bulletin N° 32*. Rome.
- FAO. (1984). Guidelines: Land Evaluation for Rainfed and Irrigated Agriculture *FAO Soils Bulletin* (Vol. 52). Rome: FAO.
- FAO. (1997). *Land Quality Indicators and Their Use in Sustainable Agriculture and Rural Development: Proceedings of the Workshop*. Paper presented at the Fao Land and Water Bulletin.

- FAO. (1998). World reference base for soil resources. In F. a. A. O. o. t. u. Nations (Ed.), *Resources Reports*. Rome.
- FAO. (2002). *Global Agro-ecological Assessment for Agriculture in the 21st Century (GAEZ v 2.0)*. Rome: Food and Agriculture Organization of the United Nations.
- FAO, & UNEP. (1999). *Terminology for Integrated Resources Planning and Management*. Rome, Italy
- Nairobi, Kenia: Food and Agriculture Organization
United Nations Environmental Programme.
- Fernandes, J. F., Gil, F. S., & Dentinho, T. P. (2008). Impacto dos Aeroportos no Desenvolvimento regional dos Açores. *Portuguese Review of Regional Studies*(19), 67-88.
- Fernandes, J. G. C. (1985). *Terceira (Açores) - A Geografia Humana da Ilha*. Ponta Delgada: Universidade dos Açores.
- Fernandes, J. M. (1989). *Angra do Heroísmo*. Lisboa: Editorial Presença.
- Ferreira, R., & Silva, V. (2006). Produção Florestal na Ilha Terceira - O caso de estudo da *Cryptomeria japonica*. In M. Teixeira (Ed.), *A Estruturação Física do Território Urbano Português - O Caso dos Açores* (Vol. POCTI/AUR/34868/1999). Lisboa: FCT.
- Filipe, A. F., Lawrence, J. E., & Bonada, N. (2013). Vulnerability of stream biota to climate change in mediterranean climate regions: a synthesis of ecological responses and conservation challenges. *Hydrobiologia*, 719(1), 331-351. doi: 10.1007/s10750-012-1244-4
- Floey, C. G. (2004). *Understanding the Connection between People and Land: Implications for Social-Ecological Health at Iskatewizaagegan N. 39 Independent First Nation*. Msc, The University of Manitoba.
- Fotheringham, A., & O'Kelly, M. E. (1989). *Spatial interaction models: formulations and applications* (Vol. 5): Kluwer Academic Pub.
- Fotheringham, A. S. (1991). Migration and spatial structure; the development of the competing destinations model. In J. C. H. Stillwell & P. Congdon (Eds.), *Migration Models Macro and Micro Approaches* (pp. 57-72). London: Belhaven Press.
- França, Z., Cruz, J. V., Nunes, J. C., & Forjaz, V. H. (2005). Geologia dos Açores: uma perspectiva actual. Ponta Delgada: Observatório Vulcanológico e Geotérmico dos Açores.
- Fujita, M., & Thisse, J.-F. (2002). *Economics of agglomeration: cities, industrial location, and regional growth*. Cambridge: Cambridge University Press.
- Ge, J., Lei, Y., & Tokunaga, S. (2014). Non-grain fuel ethanol expansion and its effects on food security: A computable general equilibrium analysis for China. *Energy*, 65, 346-356.
- Geoghegan, J., Schneider, L., & Vance, C. (2004). Temporal dynamics and spatial scales: Modeling deforestation in the southern Yucatán peninsular region. *GeoJournal*, 61(4), 353-363. doi: 10.1007/s10708-004-5052-x
- Ginsburgh, V., & Keyzer, M. (1997). *The Structure of Applied General Equilibrium Models*. Cambridge, USA/London: MIT Press.
- Glaeser, E. (2005). Edward L. Glaeser, Review of Richard Florida's *The Rise of the Creative Class*. *Regional Science and Urban Economics*, 35(5), 593-596. doi: <http://dx.doi.org/10.1016/j.regsciurbeco.2005.01.005>

- Golub, A., Hertel, T. W., & Sohngen, B. (2009). 10 Land use modelling in a recursively dynamic GTAP framework. *Economic analysis of land use in global climate change policy*, 14, 235.
- Golub, A. A., Henderson, B. B., Hertel, T. W., Gerber, P. J., Rose, S. K., & Sohngen, B. (2013). Global climate policy impacts on livestock, land use, livelihoods, and food security. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 110(52), 20894-20899. doi: 10.1073/pnas.1108772109
- Gonçalves, J., & Calado, L. (2006). A Agro-pecuária nos Açores. In M. Teixeira (Ed.), *A Estruturação Física do Território Urbano Português - O Caso dos Açores* (Vol. POCTI/AUR/34868/1999). Lisboa: FCT.
- Gonçalves, J., & Dentinho, T. (2007). A Spatial Interaction Model for Agricultural Uses. In J. S. Eric Koomen, Aldrik Bakema, Hen J. Scholten (Ed.), *Modelling Land-Use Change* (Vol. 90, pp. 398). Dordrecht: Springer Netherlands.
- Gong, Z., Thill, J.-C., & Liu, W. (2015). ART-P-MAP Neural Networks Modeling of Land-Use Change: Accounting for Spatial Heterogeneity and Uncertainty. *Geographical Analysis*, 47(4), 376-409. doi: 10.1111/gean.12077
- Goodchild, M. F. (1992). Geographical information science. *International Journal of Geographical Information Systems*, 6(1), 31-45. doi: 10.1080/02693799208901893
- Grave, J. A. G. (2001). Uma base estrangeira nas Lajes : o alvor. *Arquipélago*, 5(História 2ª), 403-419.
- Griffith, D. A. (2012). *Advanced spatial statistics: special topics in the exploration of quantitative spatial data series* (Vol. 12): Springer Science & Business Media.
- Gusti, M., Havlik, P., & Obersteiner, M. (2008). Technical description of the IIASA model cluster. 12. Retrieved from <http://digital.library.unt.edu/ark:/67531/metadc13707/>
- Haddad, E. (2011). Modelos Computacionais de Equilíbrio Geral Inter-Regionais. In J. S. Costa, T. P. Dentinho & P. Nijkamp (Eds.), *Compêndio de Economia Regional* (Vol. II, pp. 563-607). Cascais: Principia.
- Haddad, E., Silva, V., Porsse, A., & Dentinho, T. (2013). Multipliers in an Island Economy: The Case of the Azores *The Region and Trade* (pp. 205-226): WORLD SCIENTIFIC.
- Hamilton, S. H., ElSawah, S., Guillaume, J. H. A., Jakeman, A. J., & Pierce, S. A. (2015). Integrated assessment and modelling: Overview and synthesis of salient dimensions. *Environmental Modelling & Software*, 64, 215-229. doi: <http://dx.doi.org/10.1016/j.envsoft.2014.12.005>
- Havlik, P., Schneider, U. A., Schmid, E., Böttcher, H., Fritz, S., Skalský, R., . . . Obersteiner, M. (2011). Global land-use implications of first and second generation biofuel targets. *Energy Policy*, 39(10), 5690-5702. doi: <http://dx.doi.org/10.1016/j.enpol.2010.03.030>
- Haynes, K. E., & Fotheringham, A. S. (1984). *Gravity and Spatial Interaction Models*. Beverly Hills - USA: Sage Publications.
- Hazeleger, W., Wang, X., Severijns, C., Ștefănescu, S., Bintanja, R., Sterl, A., . . . Van den Hurk, B. (2012). EC-Earth V2. 2: description and validation of a new seamless earth system prediction model. *Climate Dynamics*, 39(11), 2611-2629.
- HCP. (2004). Recensement Général de la Population et de l'habitat 2004. In D. d. I. Statistique (Ed.). Rabat: Hau Commissariat au Plan du Royaume du Maroc.
- Heistermann, M., Müller, C., & Ronneberger, K. (2006). Land in sight?: Achievements, deficits and potentials of continental to global scale land-use modeling.

- Agriculture, Ecosystems & Environment*, 114(2–4), 141-158. doi: <http://dx.doi.org/10.1016/j.agee.2005.11.015>
- Hertel, T. W. (1997). *Global Trade Analysis Modelling and Applications*. Cambridge, UK: Cambridge University Press.
- Hertel, T. W. (1999). *Applied general equilibrium analysis of agricultural and resource policies*. Staff paper 99-2. Department of Agricultural Economics, Purdue University - West Lafayette, Indiana.
- Hertel, T. W., Rose, S., & Tol, R. S. (2009). 1 Land use in computable general equilibrium models. *Economic analysis of land use in global climate change policy*, 14, 1.
- Hibbard, K., Janetos, A., van Vuuren, D. P., Pongratz, J., Rose, S. K., Betts, R., . . . Feddema, J. J. (2010). Research priorities in land use and land-cover change for the Earth system and integrated assessment modelling. *International Journal of Climatology*, 30(13), 2118-2128. doi: 10.1002/joc.2150
- Hotteling, H. (1929). Stability in competition. *Economic Journal*, 39, 41-57.
- Hoyt, H. (1939). *The structure and growth of residential neighborhoods in American cities*. Washington, D. C.: U. S. Government Printing Office.
- Hsin, H., van Tongeren, F., Dewbre, J., & van Meijl, H. (2004). *A new representation of agricultural production technology in GTAP*. Paper presented at the 7th Annual Conference on Global Economic Analysis, Washington, DC.
- Huff, D. L. (1963). A Probabilistic Analysis of Shopping Center Trade Areas. *Land Economics*, 39(1), 81-90. doi: 10.2307/3144521
- IBM. (2014). IBM SPSS Statistics 21. New York.
- Ilyina, T., Six, K. D., Segschneider, J., Maier-Reimer, E., Li, H., & Núñez-Riboni, I. (2013). Global ocean biogeochemistry model HAMOCC: Model architecture and performance as component of the MPI-Earth system model in different CMIP5 experimental realizations. *Journal of Advances in Modeling Earth Systems*, 5(2), 287-315. doi: 10.1029/2012ms000178
- INE. (2001). Recenseamento Geral da Agricultura 1999 - Açores Agricultura, Produção Animal, Silvicultura e Pesca: Instituto Nacional de Estatística.
- INE. (2011). História dos Censos em Portugal Retrieved 14-05-2015, 2015, from https://www.ine.pt/xportal/xmain?xpid=INE&xpgid=censos_historia_portugal
- INE. (2012). Censos - Resultados definitivos. Portugal - 2011 XV Recenseamento geral da população. V Recenseamento geral da habitação: Instituto Nacional de Estatística.
- INE. (2014). Anuários Estatísticos Regionais: Instituto Nacional de Estatística.
- Ines, A. V. M., & Hansen, J. W. (2006). Bias correction of daily GCM rainfall for crop simulation studies. *Agricultural and Forest Meteorology*, 138(1–4), 44-53. doi: <http://dx.doi.org/10.1016/j.agrformet.2006.03.009>
- IPCC. (2001). Climate Changes 2001 - Synthesis Report *Third Assessment Report (TAR)*.
- IPCC. (2007). Climate Change 2007 - Synthesis Report. In R. K. Pachauri & A. Resinger (Eds.), *Contribution of Working Groups I, II and III to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change (AR4)* (pp. 104). Geneve.
- IPCC. (2013). The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I AR5. In D. Q. T.F., G.-K. Plattner, M. Tignor, S. K. Allen, J. Boschung, A. Nauels, Y. Xia, V. Bex & P. M. Midgley (Eds.), *Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change* (pp. 1535). Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA: Intergovernmental Panel on Climate Change.

- IPCC. (2014). Climate Change 2014 - Synthesis Report (AR5). In R. K. Pachauri & L. A. Meyer (Eds.), *Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change* (pp. 151). Geneva.
- Irwin, E. G., & Bockstael, N. E. (2004). Land use externalities, open space preservation, and urban sprawl. *Regional Science and Urban Economics*, 34(6), 705-725. doi: <http://dx.doi.org/10.1016/j.regsciurbeco.2004.03.002>
- Irwin, E. G., & Geoghegan, J. (2001). Theory, data, methods: developing spatially explicit economic models of land use change. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, 85(1-3), 7-24. doi: [http://dx.doi.org/10.1016/S0167-8809\(01\)00200-6](http://dx.doi.org/10.1016/S0167-8809(01)00200-6)
- Isard, W. (1960). *Methods of Regional Analysis*. Cambridge, Massachusetts: M.I.T. Press.
- Jabareen, Y. (2013). Planning the resilient city: Concepts and strategies for coping with climate change and environmental risk. *Cities*, 31, 220-229. doi: <http://dx.doi.org/10.1016/j.cities.2012.05.004>
- Jackson, L. E. (1985). Ecological Origins of California's Mediterranean Grasses. *Journal of Biogeography*, 12(4), 349-361.
- Jarvis, A., Reuter, H. I., Nelson, A., & Guevara, E. (2008). Hole-filled SRTM for the globe Version 4. available from the CGIAR-CSI SRTM 90m Database (<http://srtm.csi.cgiar.org>).
- Jeuffroy, M.-H., Casadebaig, P., Debaeke, P., Loyce, C., & Meynard, J.-M. (2014). Agronomic model uses to predict cultivar performance in various environments and cropping systems. A review. *Agronomy for Sustainable Development*, 34(1), 121-137. doi: 10.1007/s13593-013-0170-9
- Jianchu, X., Xihui, A., & Xiqing, D. (2005). Exploring the spatial and temporal dynamics of land use in Xizhuang watershed of Yunnan, southwest China. *International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation*, 7(4), 299-309. doi: <http://dx.doi.org/10.1016/j.jag.2005.06.008>
- Jjumba, A., & Dragičević, S. (2012). High Resolution Urban Land-use Change Modeling: Agent iCity Approach. *Applied Spatial Analysis and Policy*, 5(4), 291-315. doi: 10.1007/s12061-011-9071-y
- Joshi, C., Leeuw, J. D., Skidmore, A. K., Duren, I. C., & van Oosten, H. (2006). Remotely sensed estimation of forest canopy density: A comparison of the performance of four methods. *International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation*, 8(2), 84-95. doi: <http://dx.doi.org/10.1016/j.jag.2005.08.004>
- Kabat, P., Claussen, M., Dirmeyer, P. A., Gash, J. H., de Guenni, L. B., Meybeck, M., . . . Lütke-meier, S. (2004). New Perspective on an Interactive System (Global Change-The IGBP Series) *Vegetation, Water, Humans and the Climate* (1st ed., pp. 137-153). Berlin: Springer.
- Kamau, S. W., Kuria, D., & Gachari, M. K. (2015). Crop-land Suitability Analysis Using GIS and Remote Sensing in Nyandarua County, Kenya. *Journal of Environment and Earth Science*, 5(6), 121-132.
- Kanaroglou, P., & Scott, D. (2002). Integrated urban transportation and land-use models for policy analysis. In M. Dijst, W. Schenkel & I. Thomas (Eds.), *Governing Cities on the Move: Functional and Management Perspectives on Transformations of European Urban Infrastructures* (pp. 42-72). Aldershot, UK: Ashgate.
- Karlen, D. L., Mausbach, M. J., Doran, J. W., Cline, R. G., Harris, R. F., & Schuman, G. E. (1997). Soil Quality: A Concept, Definition, and Framework for Evaluation (A

- Guest Editorial). *Soil Science Society of America Journal*, 61(1), 4-10. doi: 10.2136/sssaj1997.03615995006100010001x
- Keeney, R., & Hertel, T. W. (2005). GTAP-AGR: A Framework for Assessing The Implications of Multilateral Changes in Agricultural Policies *GTAP Technical Paper No. 24*. West Lafayette, IN, USA: Purdue University.
- Kim, S. H., Edmonds, J., Lurz, J., Smith, J. S., & Marshall, W. (2006). The ObjECTS framework for integrated assessment: Hybrid modelling of transportation. *The Energy Journal*, 27, 63-91.
- Kindermann, G. E., McCallum, I., Fritz, S., & Obersteiner, M. (2008). A global forest growing stock, biomass and carbon map based on FAO statistics. *Silva Fennica*, 42, 387-396.
- Klingebiel, A. A., & Montgomery, P. H. (1961). *Land-capability classification*. Washington, D.C: USDA, Soil Conservation Service.
- Klosterman, R. E., & Pettit, C. J. (2005). An Update on Planning Support Systems. *Environment and Planning B: Planning and Design*, 32(4), 477-484. doi: 10.1068/b3204ed
- Kockelman, K. M., Jin, L., Zhao, Y., & Ruíz-Juri, N. (2005). Tracking land use, transport, and industrial production using random-utility-based multiregional input–output models: Applications for Texas trade. *Journal of Transport Geography*, 13(3), 275-286. doi: <http://dx.doi.org/10.1016/j.jtrangeo.2004.04.009>
- Kokmila, K., Lee, W. K., Yoo, S., Byun, J. G., & Lee, S. (2010). Selection of suitable areas for rubber tree (*Hevea brasiliensis*) plantation using GIS-data in Laos. *Forest Science and Technology*, 6(2), 55-66. doi: 10.1080/21580103.2010.9671973
- Koomen, E., Koekoek, A., & Dijk, E. (2011). Simulating Land-use Change in a Regional Planning Context. *Applied Spatial Analysis and Policy*, 4(4), 223-247. doi: 10.1007/s12061-010-9053-5
- Koomen, E., & Stillwell, J. (2007). Modelling Land-Use Change. In E. Koomen, J. Stillwell, A. Bakema & H. J. Scholten (Eds.), *Modelling Land-Use Change: Progress and Applications* (pp. 1-22). Dordrecht: Springer Netherlands.
- Kriegler, E., O'Neill, B. C., Hallegatte, S., Kram, T., Lempert, R. J., Moss, R. H., & Wilbanks, T. (2012). The need for and use of socio-economic scenarios for climate change analysis: A new approach based on shared socio-economic pathways. *Global Environmental Change*, 22(4), 807-822. doi: 10.1016/j.gloenvcha.2012.05.005
- Krugman, P. (1991). Increasing returns and economic geography. *Journal of Political Economy*, 99, 483-499.
- Krugman, P. (1997). *Development, Geography, and Economic Theory*: MIT Press.
- Krugman, P., & Venables, A. J. (1995). Globalization and the inequality of nations. *Quarterly Journal of Economics*, 110, 857-880.
- Krugman, P. R. (1997). *Development, Geography, and Economic Theory*: MIT Press.
- Kuhn, A. (2003). From World Market to Trade Flow Modelling - The Re-Designed WATSIM Model. Bonn: Institute of Agricultural Policy, Market Research and Economic Sociology.
- Lambin, E. F., & Meyfroidt, P. (2010). Land use transitions: Socio-ecological feedback versus socio-economic change. *Land Use Policy*, 27(2), 108-118. doi: <http://dx.doi.org/10.1016/j.landusepol.2009.09.003>
- Lambin, E. F., Rounsevell, M. D. A., & Geist, H. J. (2000). Are agricultural land-use models able to predict changes in land-use intensity? *Agriculture, Ecosystems & Environment*, 82(1-3), 321-331. doi: [http://dx.doi.org/10.1016/S0167-8809\(00\)00235-8](http://dx.doi.org/10.1016/S0167-8809(00)00235-8)

- Landon, J. R. (1984). *Booker tropical soil manual: a handbook for soil survey and agricultural land evaluation in the tropics and subtropics*: Booker Agriculture International Ltd.
- Laney, R. M. (2004). A process-led approach to modeling land change in agricultural landscapes: a case study from Madagascar. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, 101(2–3), 135-153. doi: <http://dx.doi.org/10.1016/j.agee.2003.09.004>
- Lavorel, S., Davies, I. D., & Noble, I. R. LAMOS: a Landscape MOdelling Shell. *LANDSCAPE FIRE MODELING-CHALLENGES AND OPPORTUNITIES*.
- Leamer, E. (1995). The Heckscher-Ohlin Model in Theory and Practice. *Princeton Studies in International Finance*, 77.
- Leimbach, M., Popp, A., Lotze-Campen, H., Bauer, N., Dietrich, J. P., & Klein, D. (2011). Integrated Assessment Models – the Interplay of Climate Change, Agriculture and Land Use in a Policy Tool
- Handbook on Climate Change and Agriculture. Cheltenham, UK: 'Edward Elgar Publishing, Inc.'
- Leimbach, M., & Toth, F. L. (2003). Economic Development and Emission Control over the Long Term: The ICLIPS Aggregated Economic Model. *Climatic Change*, 56(1), 139-165. doi: 10.1023/a:1021392530774
- Lepsch, I. F. (2002). *Formação e Conservação do Solos* (2ª Edição - 2010 ed.). São Paulo: Oficina de Textos.
- Lepsch, I. F., Bellinazzi, J., & Bertolini, D. (1991). *Manual para levantamento utilitário do meio físico e classificação de terras no sistema de capacidade de uso* (2ª ed.). Campinas: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo.
- Liao, T. (1994). Interpreting Probability Models. Retrieved from <http://methods.sagepub.com/book/interpreting-probability-models>. doi: 10.4135/9781412984577
- Losch, A. (1940). *Die räumliche ordnung der wirtschafft*. New Haven-CN: Yale University Press.
- Lowry, I. S. (1964). A model of metropolis rm-4035-rc. *Rand Corporation, Santa Monica, CA*.
- Lubowski, R. N., Plantinga, A. J., & Stavins, R. N. (2006). Land-use change and carbon sinks: Econometric estimation of the carbon sequestration supply function. *Journal of Environmental Economics and Management*, 51(2), 135-152. doi: <http://dx.doi.org/10.1016/j.jeem.2005.08.001>
- Luz, L. (2003). *Análise da aptidão cultural de Timor-Leste utilizando um Sistema de Informação Geográfica*. Universidade Técnica de Lisboa, Lisboa.
- MADRPM. (2012). *Atlas de l'Agriculture. Colloque National de l'Agriculture et du Développement Rural*. Rabat: Royaume du Maroc.
- Maduro-Dias, F. R. (1991). Angra do Heroísmo, Janela do Atlântico entre a Europa e o Novo Mundo *Conselho Internacional de Monumentos e Sítios. Parecer sobre a candidatura de Angra do Heroísmo à lista do património mundial*. Angra do Heroísmo: Governo Regional dos Açores.
- Magalhães, J. R. (2009). O açúcar nas ilhas portuguesas do Atlântico séculos XV e XVI. *Varia Historia*, 25(41), 151-175.
- MAPM. (2012). L'agriculture Marocaine 2012 en Chiffres. In L. M. Vert (Ed.). Rabat: Ministère de l'Agriculture et Pêche Maritime du Royaume du Maroc.
- Marchand, J. I., & Girardot, B. (1999). *L'igname, plante séculaire et culture d'avenir*: CIRAD-IRD

- Mariano, A., Furtado, D., Antunes, L., & Leitão, N. (2011). Guia de apoio para a configuração e publicação de Serviços de Visualização INSPIRE-PT. Lisboa: Instituto Geográfico Português - IGEO.
- Marland, G., Boden, T., Andres, R., Brenkert, A., & Johnston, C. (2007). *Global, Regional, and National Fossil Fuel CO₂ Emissions*. Oak Ridge, TN: Carbon Dioxide Information Analysis Center.
- Martin, D., & Saha, S. K. (2007). Integrated approach of using remote sensing and GIS to study watershed prioritization and productivity. [journal article]. *Journal of the Indian Society of Remote Sensing*, 35(1), 21-30. doi: 10.1007/bf02991830
- Massetti, E., & Mendelsohn, R. (2011). Estimating Ricardian Models With Panel Data. MathWorks. (2015). Matlab R2015b (Version 2015).
- Matsuoka, Y., Morita, T., & Kainuma, M. (2001). Integrated assessment model of climate change: The AIM approach. In T. Matsuno & H. Kida (Eds.), *Present and Future of Modelling Environmental Change: Toward Integrated Modelling* (pp. 458). Tokyo, Japan: Terra Scientific Publishing Company.
- Matthews, R. B., Gilbert, N. G., Roach, A., Polhill, J. G., & Gotts, N. M. (2007). Agent-based land-use models: a review of applications. *Landscape Ecology*, 22(10), 1447-1459. doi: 10.1007/s10980-007-9135-1
- McAlpine, C. A., Ryan, J. G., Seabrook, L., Thomas, S., Dargusch, P. J., Syktus, J. I., . . . Laurance, W. F. (2010). More than CO₂: a broader paradigm for managing climate change and variability to avoid ecosystem collapse. *Current Opinion in Environmental Sustainability*, 2(5-6), 334-346. doi: <http://dx.doi.org/10.1016/j.cosust.2010.10.001>
- McCann, F. (2010). *Modern Urban and Regional Economics*. Oxford: Oxford University Press.
- Meehl, G. A., Covey, C., Taylor, K. E., Delworth, T., Stouffer, R. J., Latif, M., . . . Mitchell, J. F. B. (2007). THE WCRP CMIP3 Multimodel Dataset: A New Era in Climate Change Research. *Bulletin of the American Meteorological Society*, 88(9), 1383-1394. doi: 10.1175/bams-88-9-1383
- Meiyappan, P., Dalton, M., O'Neill, B. C., & Jain, A. K. (2014). Spatial modeling of agricultural land use change at global scale. *Ecological Modelling*, 291, 152-174. doi: <http://dx.doi.org/10.1016/j.ecolmodel.2014.07.027>
- Mendelsohn, R., & Nordhaus, W. D. (1999). The Impact of Global Warming on Agriculture: A Ricardian Analysis: Reply. [10.1257/aer.89.4.1046]. *American Economic Review*, 89(4), 1046-1048.
- Menon, S., & Bawa, K. S. (1997). Applications of geographic information systems, remote-sensing, and a landscape ecology approach to biodiversity conservation in the Western Ghats. *Current Science*, 73(2).
- Mertens, B., & Lambin, E. F. (2000). Land-Cover-Change Trajectories in Southern Cameroon. *Annals of the Association of American Geographers*, 90(3), 467-494. doi: 10.1111/0004-5608.00205
- Meteo, M. (2014). Series Climatics. Rabat: Direction de la Météorologie Nationale.
- Meyer, W. B., & Turner, B. L. (1994). *Changes in Land Use and Land Cover*. Cambridge: Cambridge University Press.
- Meyfroidt, P., Lambin, E. F., Erb, K.-H., & Hertel, T. W. (2013). Globalization of land use: distant drivers of land change and geographic displacement of land use. *Current Opinion in Environmental Sustainability*, 5(5), 438-444. doi: <http://dx.doi.org/10.1016/j.cosust.2013.04.003>

- Miao, L., Zhu, F., Sun, Z., Moore, C. J., & Cui, X. (2016). China's Land-Use Changes during the Past 300 Years: A Historical Perspective. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 13(9). doi: 10.3390/ijerph13090847
- Michetti, M., & Parrado, R. (2012). *Improving land-use modelling within CGE to assess forest-based mitigation potential and costs*. Paper presented at the Towards a Sustainable Bio-economy: Economic Issues and Policy Challenges, Trento.
- Michetti, M., & Zampieri, M. (2014). Climate–Human–Land Interactions: A Review of Major Modelling Approaches. *Land*, 3(3). doi: 10.3390/land3030793
- Microsoft. (2011). Visual Basic for Applications - VBa: Microsoft.
- Mills, E. S. (1967). An aggregative model of resource allocation in a metropolitan area. *American Economic Review*, 57, 197-210.
- Moeckel, R., Schürmann, C., & Wegener, M. (2002). *Microsimulation of urban land use*. Paper presented at the 42nd European Congress of the Regional Science Association, Dortmund.
- Monasteiro, L., & Cavalcante, L. (2011). Fundamentos do Pensamento Econômico Regional. In B. Cruz, B. Furtado, L. Monasteiro & W. Júnior (Eds.), *Economia Regional e Urbana - Teorias e métodos com ênfase no Brasil*. Brasília: ipea.
- Monjardino, P. (1993). *A Temperatura como factor determinante no desenvolvimento da cultura do milho (Zea mays L.)*. Ms, Universidade Técnica de Lisboa, Lisboa.
- Moss, R. H., Edmonds, J. A., Hibbard, K. A., Manning, M. R., Rose, S. K., van Vuuren, D. P., . . . Wilbanks, T. J. (2010). The next generation of scenarios for climate change research and assessment. [10.1038/nature08823]. *Nature*, 463(7282), 747-756. doi: http://www.nature.com/nature/journal/v463/n7282/suppinfo/nature08823_S1.html
- Mulley, B. G., & Unruh, J. D. (2004). The role of off-farm employment in tropical forest conservation: labor, migration, and smallholder attitudes toward land in western Uganda. *Journal of Environmental Management*, 71(3), 193-205. doi: <http://dx.doi.org/10.1016/j.jenvman.2004.02.002>
- Muth, R. F. (1969). *Cities and housing*. Chicago: University of Chicago Press.
- Nakicenovic, N., Alcamo, J., Davis, G., de Vries, B., Fenham, J., Gaffin, S., . . . Dadi, Z. (2000). *IPCC Special Report on Emissions Scenarios*. United Kingdom and New York, NY, USA: Cambridge University Press.
- Nakicenovic, N., Lempert, R. J., & Janetos, A. C. (2014). A Framework for the Development of New Socio-economic Scenarios for Climate Change Research: Introductory Essay. *Climatic Change*, 122(3), 351-361. doi: 10.1007/s10584-013-0982-2
- North, D. C. (1955). Location Theory and Regional Economic Growth. *Journal of Political Economy*, 63(3), 243-258. doi: doi:10.1086/257668
- O'Sullivan. (2009). *Urban Economics* (8th ed. ed.): McGraw-Hill/Irwin.
- Olgyay, V. (1998). *Arquitectura y Clima, Manual de Diseño Bioclimático Para Arquitectos y Urbanistas*. Barcelona: Gustavo Gili S.A.
- Oliveira Marques, A. H. (1978). *Introdução à História da Agricultura em Portugal*. Lisboa: Edições Cosmos.
- Oliver, T. H., & Morecroft, M. D. (2014). Interactions between climate change and land use change on biodiversity: attribution problems, risks, and opportunities. *Wiley Interdisciplinary Reviews: Climate Change*, 5(3), 317-335. doi: 10.1002/wcc.271
- Olsen, J. E., & Bindin, M. (2002). Consequences of climate change for European agricultural productivity, land use and policy. *European Journal of Agronomy*, 16, 239-262.

- Ouled Belgacem, A., & Louhaichi, M. (2013). The vulnerability of native rangeland plant species to global climate change in the West Asia and North African regions. *Climatic Change*, *119*(2), 451-463. doi: 10.1007/s10584-013-0701-z
- Ovalle, M., Pozo, A., Fernández, F., Chavarría, J., & Arrendondo, S. (2010). Arrowleaf clover : A new species of annual legumes for high rainfall areas of the Mediterranean climate zone of Chile. *Chilean Journal of Agricultural Research*, *70*(1), 170-177.
- Paltsev, S., Reilly, J. M., Jacoby, H. D., Eckaus, R. S., McFarland, J., Sarofim, M., . . . Babiker, M. (2005). Emissions Prediction and Policy Analysis (EPPA) Model: Version 4 Report No. 125; MIT Joint Program for the Science and Policy of Global Change. Cambridge, MA, USA: Massachusetts Institute of Technology.
- Peixoto, J. (1981). A radiação solar e o ambiente. In C. N. d. Ambiente (Ed.). Lisboa: Secretaria de Estado do Ordenamento e Ambient.
- Peng, L., Chen, W., Li, M., Bai, Y., & Pan, Y. (2014). GIS-based study of the spatial distribution suitability of livestock and poultry farming: The case of Putian, Fujian, China. *Computers and Electronics in Agriculture*, *108*, 183-190. doi: <http://dx.doi.org/10.1016/j.compag.2014.08.004>
- Pérez-Soba, M., Paterson, J. S., & Metzger, M. J. (2015). Visions of future land use in Europe; Stakeholder visions for 2040. Retrieved 16 de Agosto de 2016, from Alterra Wageningen <http://www.volante-project.eu/docs/visions.pdf>
- Pfaff, A. S. P. (1999). What Drives Deforestation in the Brazilian Amazon? *Journal of Environmental Economics and Management*, *37*(1), 26-43. doi: <http://dx.doi.org/10.1006/jeem.1998.1056>
- Pielke, R., Beven, K., Brasseur, G., Calvert, J., Chahine, M., Dickerson, R. R., . . . Wood, E. (2009). Climate Change: The Need to Consider Human Forcings Besides Greenhouse Gases. *Eos, Transactions American Geophysical Union*, *90*(45), 413-413. doi: 10.1029/2009eo450008
- Pielke, R. A. (2013). *Climate Vulnerability, Understanding and Addressing Threats to Essential Resources* (1st ed. ed.). Amsterdam, The Netherlands/Boston, MA, USA: Academic Press.
- Pinheiro, J., Madruga, J., & Sampaio, J. (Cartographer). (1987). Carta de Capacidade de Uso dos Açores.
- Pinto-Correia, T., & Kristensen, L. (2013). Linking research to practice: The landscape as the basis for integrating social and ecological perspectives of the rural. *Landscape and Urban Planning*, *120*, 248-256. doi: <http://dx.doi.org/10.1016/j.landurbplan.2013.07.005>
- Porteiro, J., Calado, H., Pereira, M., & Dentinho, T. (2005). *Integrated Management on the Sete Cidades WaterShed*. Paper presented at the 14th European Colloquium on Theoretical and Quantitative Geography, Tomar - Portugal.
- Preston, R. E. (2009). *Walter Christaller's research on regional and rural development planning during World War II*. Paper presented at the METAR-Papers in Metropolitan Studies, Berlin.
- Quillet, A., Peng, C., & Garneau, M. (2010). Toward dynamic global vegetation models for simulating vegetation-climate interactions and feedbacks: recent developments, limitations, and future challenges. *Environmental Reviews*, *18*(NA), 333-353.
- Regnier, P., Friedlingstein, P., Ciais, P., Mackenzie, F. T., Gruber, N., Janssens, I. A., . . . Thullner, M. (2013). Anthropogenic perturbation of the carbon fluxes from land to ocean. [Review]. *Nature Geosci*, *6*(8), 597-607. doi: 10.1038/ngeo1830

<http://www.nature.com/ngeo/journal/v6/n8/abs/ngeo1830.html#supplementary-information>

- Reilly, W. J. (1931). *The Law of Retail Gravitation*. New York: Pilsbury.
- Reis, A., & Santin, M. F. C. d. L. (2007). A teoria da renda da terra ricardiana: um marco unificador entre as economias da poluição e dos recursos naturais. *Prespectiva Econômica*, 3(2), 65-81.
- Ricardo, D. (1817). *The Principles of Political Economy and Taxation* (Vol. The Works and Correspondence of David Ricardo). New York: Cambridge University Press.
- Richardson, H. W. (1972).
- Rocha Gil, M. O. (1981). Os Açores e a nova economia de mercado (séculos XVI-XVII). *Arquipélago, Série Ciências Sociais III*, 371-425.
- Rocha, S., Monjardino, P., Mendonça, D., da Câmara Machado, A., Fernandes, R., Sampaio, P., & Salema, R. (2014). Lignification of developing maize (*Zea mays* L.) endosperm transfer cells and starchy endosperm cells. [Original Research]. *Frontiers in Plant Science*, 5(102). doi: 10.3389/fpls.2014.00102
- Rodrigues, A. C. P. (2016). *Energy and Territory. An Interdisciplinary Approach to Terceira Island*. PhD, Universidade dos Açores.
- Ronneberger, K. (2006). The global agricultural land-use model KLUM *Reports on Earth System Science: Max Planck Institute for Meteorology*.
- Ronneberger, K., Berrittella, M., Bosello, F., & Tol, R. S. (2008). Klum@ gtap: Spatially-explicit, biophysical land use in a computable general equilibrium model. *This volume*.
- Rose, S., Ahammad, H., Eickhout, B., Fisher, B., Kurosawa, A., Rao, S., . . . van Vuuren, D. (2008). Land in Climate Stabilization Modeling: Initial Observations *Energy Modeling Forum*. Stanford, CA: Stanford University.
- Rosegrant, M. W., Cai, X., & Cline, S. A. (2002). *World water and food to 2025: dealing with scarcity*. Washington, D.C.: International Food Policy Research Institute.
- Rosenlof, K. H., Oltmans, S. J., Kley, D., Russell, J. M., Chiou, E. W., Chu, W. P., . . . McCormick, M. P. (2001). Stratospheric water vapor increases over the past half-century. *Geophysical Research Letters*, 28(7), 1195-1198. doi: 10.1029/2000gl012502
- Rosenzweig, C., Jones, J. W., Hatfield, J. L., Ruane, A. C., Boote, K. J., Thorburn, P., . . . Winter, J. M. (2013). The Agricultural Model Intercomparison and Improvement Project (AgMIP): Protocols and pilot studies. *Agricultural and Forest Meteorology*, 170, 166-182. doi: <http://dx.doi.org/10.1016/j.agrformet.2012.09.011>
- Rossiter, D. G. (1996). A theoretical framework for land evaluation. *Geoderma*, 72, 165-190.
- Rounsevell, M. D. A., Annetts, J. E., Audsley, E., Mayr, T., & Reginster, I. (2003). Modelling the spatial distribution of agricultural land use at the regional scale. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, 95(2-3), 465-479. doi: [http://dx.doi.org/10.1016/S0167-8809\(02\)00217-7](http://dx.doi.org/10.1016/S0167-8809(02)00217-7)
- Rounsevell, M. D. A., Pedroli, B., Erb, K.-H., Gramberger, M., Busck, A. G., Haberl, H., . . . Wolfslehner, B. (2012). Challenges for land system science. *Land Use Policy*, 29(4), 899-910. doi: <http://dx.doi.org/10.1016/j.landusepol.2012.01.007>
- Rounsevell, M. D. A., Reginster, I., Araújo, M. B., Carter, T. R., Dendoncker, N., Ewert, F., . . . Tuck, G. (2006). A coherent set of future land use change scenarios for Europe. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, 114(1), 57-68. doi: <http://dx.doi.org/10.1016/j.agee.2005.11.027>

- Roy, J. R., & Thill, J.-C. (2004). Spatial interaction modelling. In R. J. G. M. Florax & D. A. Plane (Eds.), *Fifty Years of Regional Science* (pp. 339-361). Berlin, Heidelberg: Springer Berlin Heidelberg.
- Rümisch, R. (2009). Regional Challenges in the perspective of 2020 - regional disparities and future challenges. In I. EUROPA (Ed.). Brussels: European Commission.
- Salvati, L., Smiraglia, D., Bajocco, S., Zitti, M., & Perini, L. (2015). Coastal vs inland sensitivity to desertification: a diachronic analysis of biophysical and socioeconomic factors in Latium, Italy. *Rendiconti Lincei*, 26(3), 571-576.
- Sands, R. D., & Edmonds, J. A. (2005). Climate Change Impacts for the Conterminous USA: An Integrated Assessment. *Climatic Change*, 69(1), 127-150. doi: 10.1007/s10584-005-3616-5
- Sanghi, A., & Mendelsohn, R. (2008). The impacts of global warming on farmers in Brazil and India. *Global Environmental Change*, 18(4), 655-665. doi: <http://dx.doi.org/10.1016/j.gloenvcha.2008.06.008>
- Santos, J., & Ribeiro, J. (2009). Localização das Actividades e sua Dinâmica: Universidade do Minho.
- Saseendran, S. A., Nielsen, D. C., Ma, L., Ahuja, L. R., & Halvorson, A. D. (2004). Modeling Nitrogen Management Effects on Winter Wheat Production Using RZWQM and CERES-Wheat. *Agronomy Journal*, 96(3), 615-630. doi: 10.2134/agronj2004.0615
- Saujot, M., Lapparent, M., Arnaud, E., & Prados, E. (2015). To make LUTI models operational tools for planning: Report TRANSP-OR 150310. Lausanne: Ecole Polytechnique Fédérale de Lausanne.
- Scherr, S. J., & McNeely, J. A. (2008). Biodiversity conservation and agricultural sustainability: towards a new paradigm of 'ecoagriculture' landscapes. [10.1098/rstb.2007.2165]. *Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences*, 363(1491), 477.
- Schlosser, C. A., Kicklighter, D., & Sokolov, A. (2007). A global land system framework for integrated climate-change assessments: MIT Joint Program on the Science and Policy of Global Change.
- Schumpeter, J. A. (1934). *The theory of economic development: An inquiry into profits, capital, credit, interest, and the business cycle* (Vol. 55): Transaction publishers.
- Sharma, B., Ingalls, R., Jones, C., & Khanchi, A. (2013). Biomass supply chain design and analysis: basis, overview, modeling, challenges, and future. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 24, 608-627.
- Shellito, C. J., & Sloan, L. C. (2006). Reconstructing a lost Eocene Paradise, Part II: On the utility of dynamic global vegetation models in pre-Quaternary climate studies. *Global and Planetary Change*, 50(1-2), 18-32. doi: <http://dx.doi.org/10.1016/j.gloplacha.2005.08.002>
- Silva, C. R. (2010). *Análise da Evolução da Ocupação e Uso do Solo no Concelho de Angra do Heroísmo - Influência nos Movimentos de terreno e de Vertente*. Msc, Universidade Técnica de Lisboa, Lisboa.
- Silveira, P. (2009). *Aplicação de um modelo de interação espacial no estudo da evolução do uso do solo ao longo do século XX na Ilha Terceira*. Ms, Universidade dos Açores, Angra do Heroísmo.
- Silveira, P., & Dentinho, T. (2010). Spatial interaction model of land use - An application to Corvo Island from the 16th, 19th and 20th centuries. *Computers Environment and Urban Systems*, 34(2), 91-103. doi: 10.1016/j.compenvurbsys.2009.10.003
- Silveira, P., Silva, V., Brito de Azevedo, E., Masson, E., Khattabi, A., Antonellini, M., & Dentinho, T. (2016). SOCIAL AND ECONOMIC IMPACTS OF CLIMATE

- CHANGE ON LAND USE: APPLICATION OF A SPATIAL INTERACTION MODEL TO THE TADAHART-TANGER BASIN (MOROCCO). *Ecological Economics*, submitted.
- Sohngen, B., & Mendelsohn, R. (2007). A sensitivity analysis of forest carbon sequestration. In M. E. Schlesinger, H. S. Kheshgi, J. Smith, F. C. de la Chesnaye, J. M. Reilly, T. Wilson & C. Kolstad (Eds.), *Human-Induced Climate Change: An Interdisciplinary Assessment* (pp. 227-237). Cambridge: Cambridge University Press.
- Sokolov, A. P., Schlosser, C. A., Dutkiewicz, S., Paltsev, S., Kicklighter, D. W., Jacoby, H. D., . . . Wang, C. (2005). The MIT Integrated Global System Model (IGSM) Version 2: Model Description and Baseline Evaluation *MIT Joint Program on the Science and Policy of Global Change*. Cambridge, MA, USA: MIT.
- SRAM. (2011). *Estratégia Regional para as Alterações Climáticas* (pp. 31): Secretaria Regional do Ambiente e do Mar - Governo Regional dos Açores.
- SREA. (2011). *Recenseamento Agrícola 2009 - Açores*: Serviço Regional de Estatística dos Açores.
- SREA. (2015). *Proporção do PIB de cada ilha no PIB regional 1980 e 1983 a 2013*: Serviço Regional de Estatística dos Açores.
- SRHE (Cartographer). (2001). *Cartografia Vectorial da Ilha Terceira (1:25 000)*.
- Starrett, D. A. (1974). Principles of optimal location in a large homogeneous area. *Journal of Economic Theory*, 9(4), 418-448. doi: [http://dx.doi.org/10.1016/0022-0531\(74\)90044-1](http://dx.doi.org/10.1016/0022-0531(74)90044-1)
- Stephenne, N., & Lambin, E. F. (2004). Scenarios of land-use change in Sudano-sahelian countries of Africa to better understand driving forces. *GeoJournal*, 61(4), 365-379. doi: 10.1007/s10708-004-5053-9
- Stéphenne, N., & Lambin, E. F. (2001). A dynamic simulation model of land-use changes in Sudano-sahelian countries of Africa (SALU). *Agriculture, Ecosystems & Environment*, 85(1-3), 145-161. doi: [http://dx.doi.org/10.1016/S0167-8809\(01\)00181-5](http://dx.doi.org/10.1016/S0167-8809(01)00181-5)
- Stillwell, J. C. H. (1991). Spatial interaction models and the propensity to migrate over distance. In J. C. H. Stillwell & P. Congdon (Eds.), *Migration Models Macro and Micro Approaches* (pp. 34-36). London: Belhaven Press.
- Stöckle, C. O., Donatelli, M., & Nelson, R. (2003). CropSyst, a cropping systems simulation model. *European Journal of Agronomy*, 18(3-4), 289-307. doi: [http://dx.doi.org/10.1016/S1161-0301\(02\)00109-0](http://dx.doi.org/10.1016/S1161-0301(02)00109-0)
- Sugden, F., Maskey, N., Clement, F., Ramesh, V., Philip, A., & Rai, A. (2014). Agrarian stress and climate change in the Eastern Gangetic Plains: Gendered vulnerability in a stratified social formation. *Global Environmental Change*, 29, 258-269. doi: <http://dx.doi.org/10.1016/j.gloenvcha.2014.10.008>
- Tabachnick, B., & Fidell, L. S. (1996). *Using multivariate statistics* (3rd ed.). New York: Harper Collins.
- Tacconi, L., Mahanty, S., & Suich, H. (2011). *Payments for environmental services, forest conservation and climate change: Livelihoods in the REDD? : Edward Elgar Publishing*.
- Tan, G. X., Shibasaki, R., Matsumura, K., & Rajan, K. S. (2003). *Global research for integrated agricultural land use change modelling*. Paper presented at the Asia GIS Conference 2003 Publications, Wuhan - China.
- Tavoni, M., Sohngen, B., & Bosetti, V. (2007). Forestry and the carbon market response to stabilize climate. *Energy Policy*, 35(11), 5346-5353. doi: <http://dx.doi.org/10.1016/j.enpol.2006.01.036>

- Taylor, J. E., Filipowski, M. J., Alloush, M., Gupta, A., Valdes, R. I. R., & Gonzalez-Estrada, E. (2016). Economic impact of refugees. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 201604566.
- Taylor, K. E., Stouffer, R. J., & Meehl, G. A. (2011). An Overview of CMIP5 and the Experiment Design. *Bulletin of the American Meteorological Society*, 93(4), 485-498. doi: 10.1175/bams-d-11-00094.1
- Taylor, R. B. (1988). *Human Territorial Functioning: an empirical, evolutionary perspective on individual and small group territorial cognitions, behaviors, and consequences*. Cambridge, New York, New Rochelle, Melbourne, Sydney: Cambridge University Press.
- Teixeira, S. N. (1999). Portugal e a NATO: 1949-1999. *Instituto de Defesa nacional* 89(2), 15-41.
- Território, D.-D. G. d. O. d. (1983). *Carta Europeia do Ordenamento do Território*. Lisboa.
- Thisse, J.-F. (2011). Geografia Económica. In B. Cruz, B. Furtado, L. Monasteiro & W. Júnior (Eds.), *Economia Regional e Urbana - Teorias e métodos com ênfase no Brasil*. Brasília: ipea.
- Thornton, P. K., & Jones, P. G. (1998). A conceptual approach to dynamic agricultural land-use modelling. *Agricultural Systems*, 57(4), 505-521. doi: [http://dx.doi.org/10.1016/S0308-521X\(98\)00005-5](http://dx.doi.org/10.1016/S0308-521X(98)00005-5)
- Tiebout, C. M. (1956). A Pure Theory of Local Expenditures. *Journal of Political Economy*, 64(5), 416-424. doi: doi:10.1086/257839
- Timmermans, H. (2003). *The saga of integrated land use-transport modeling: How many more dreams before we wake up?* Paper presented at the 10th International Conference on Travel Behaviour Research, Lucerne.
- Tomppo, E., Nilsson, M., Rosengren, M., Aalto, P., & Kennedy, P. (2002). Simultaneous use of Landsat-TM and IRS-1C WiFS data in estimating large area tree stem volume and aboveground biomass. *Remote Sensing of Environment*, 82(1), 156-171. doi: [http://dx.doi.org/10.1016/S0034-4257\(02\)00031-7](http://dx.doi.org/10.1016/S0034-4257(02)00031-7)
- Toppinen, A., & Kuuluvainen, J. (2010). Forest sector modelling in Europe—the state of the art and future research directions. *Forest Policy and Economics*, 12(1), 2-8. doi: <http://dx.doi.org/10.1016/j.forpol.2009.09.017>
- Toth, F. L., Bruckner, T., Füssel, H. M., Leimbach, M., & Petschel-Held, G. (2003). Integrated Assessment of Long-term Climate Policies: Part 1 – Model Presentation. *Climatic Change*, 56(1), 37-56. doi: 10.1023/a:1021332312119
- Townshend, J., Justice, C., Li, W., Gurney, C., & McManus, J. (1991). Global land cover classification by remote sensing: present capabilities and future possibilities. *Remote Sensing of Environment*, 35(2), 243-255. doi: [http://dx.doi.org/10.1016/0034-4257\(91\)90016-Y](http://dx.doi.org/10.1016/0034-4257(91)90016-Y)
- Tubiello, F. N., & Fischer, G. (2007). Reducing climate change impacts on agriculture: Global and regional effects of mitigation, 2000–2080. *Technological Forecasting and Social Change*, 74(7), 1030-1056. doi: <http://dx.doi.org/10.1016/j.techfore.2006.05.027>
- Ulbrich, U., Xoplaki, E., Dobricic, S., García-Herrera, R., Lionello, P., Adani, M., . . . Tsimplis, M. (2013). Past and Current Climate Changes in the Mediterranean Region. In A. Navarra & L. Tubiana (Eds.), *Regional Assessment of Climate Change in the Mediterranean* (Vol. 1, pp. 338): Springer Netherlands.
- UN. (2009). *World Urbanization Prospects*. New York: United Nations Department of Economic and Social Affairs, Population Division.

- van Berkel, D. B., & Verburg, P. H. (2011). Sensitising rural policy: Assessing spatial variation in rural development options for Europe. *Land Use Policy*, 28(3), 447-459. doi: <http://dx.doi.org/10.1016/j.landusepol.2010.09.002>
- Van Passel, S., Massetti, E., & Mendelsohn, R. (2016). A Ricardian Analysis of the Impact of Climate Change on European Agriculture. *Environmental and Resource Economics*, 1-36. doi: 10.1007/s10640-016-0001-y
- van Rossum, G. (1993). An Introduction to Python for UNIX/C Programmers. Amestardam. Retrieved from <http://citeseerx.ist.psu.edu/viewdoc/download?doi=10.1.1.38.2023&rep=rep1&type=pdf>
- van Schrojenstein Lantman, J., Verburg, P. H., Bregt, A., & Geertman, S. (2011). Core Principles and Concepts in Land-Use Modelling: A Literature Review. In E. Koomen & J. Borsboom-van Beurden (Eds.), *Land-Use Modelling in Planning Practice* (pp. 35-57). Dordrecht: Springer Netherlands.
- van Vuuren, D. P., Edmonds, J., Kainuma, M., Riahi, K., Thomson, A., Hibbard, K., . . . Rose, S. K. (2011). The representative concentration pathways: an overview. *Climatic Change*, 109(1), 5-31. doi: 10.1007/s10584-011-0148-z
- Varela, L. M., Rotundo, G., Ausloos, M., & Carrete, J. (2015). Complex Network Analysis in Socioeconomic Models. In P. Commendatore, S. Kayam & I. Kubin (Eds.), *Complexity and Geographical Economics: Topics and Tools* (pp. 209-245). Cham: Springer International Publishing.
- Veldkamp, A., & Fresco, L. O. (1996). CLUE-CR: An integrated multi-scale model to simulate land use change scenarios in Costa Rica. *Ecological Modelling*, 91(1), 231-248. doi: [http://dx.doi.org/10.1016/0304-3800\(95\)00158-1](http://dx.doi.org/10.1016/0304-3800(95)00158-1)
- Verburg, H. P., Soepboer, W., Veldkamp, A., Limpiada, R., Espaldon, V., & Mastura, S. A. S. (2002). Modeling the Spatial Dynamics of Regional Land Use: The CLUE-S Model. *Environmental Management*, 30(3), 391-405. doi: 10.1007/s00267-002-2630-x
- Verburg, P. H., Eickhout, B., & van Meijl, H. (2008). A multi-scale, multi-model approach for analyzing the future dynamics of European land use. *The Annals of Regional Science*, 42(1), 57-77. doi: 10.1007/s00168-007-0136-4
- Verburg, P. H., & Overmars, K. P. (2009). Combining top-down and bottom-up dynamics in land use modeling: exploring the future of abandoned farmlands in Europe with the Dyna-CLUE model. *Landscape Ecology*, 24(9), 1167-1181. doi: 10.1007/s10980-009-9355-7
- Verburg, P. H., Schot, P. P., Dijst, M. J., & Veldkamp, A. (2004b). Land use change modelling: current practice and research priorities. *GeoJournal*, 61(4), 309-324. doi: 10.1007/s10708-004-4946-y
- Verburg, P. H., van Eck, J. R. R., de Nijs, T. C. M., Dijst, M. J., & Schot, P. (2004). Determinants of land-use change patterns in the Netherlands. *Environment and Planning B: Planning and Design*, 31(1), 125-150.
- Verburg, P. H., Veldkamp, A., & Fresco, L. O. (1999). Simulation of changes in the spatial pattern of land use in China. *Applied Geography*, 19(3), 211-233. doi: [http://dx.doi.org/10.1016/S0143-6228\(99\)00003-X](http://dx.doi.org/10.1016/S0143-6228(99)00003-X)
- Verheye, W. H. (2009). *Land Use, Land Cover and Soil Sciences* (Vol. II). Oxford: Eolss Publications.
- Verkerk, P. J., Lindner, M., Pérez-Soba, M., Paterson, J. S., Helming, J., Verburg, P. H., . . . van der Zanden, E. H. (2016). Identifying pathways to visions of future land use in Europe. *Regional Environmental Change*, 1-14. doi: 10.1007/s10113-016-1055-7

- Vieira, A. (1985). A questão cerealífera nos Açores nos séculos XV-XVII : elementos para o seu estudo. *Arquipélago*, 7(1), 123-200.
- von Thünen, J. H. (1826). *Isolated State: An English edition of Der isolierte Staat*. Oxford: Pergamon Press, 1966.
- Wagner, P., & Wegener, M. (2007). Urban Land Use, Transport and Environment Models: Experiences with an Integrated Microscopic Approach. *disP - The Planning Review*, 43(170), 45-56. doi: 10.1080/02513625.2007.10556988
- Wand, M. P., & Jones, M. C. (1994). *Kernel Smoothing*. Boca Raton
London
New York
Washington, D.C.: Chapman & Hall/CRC.
- Wassenaar, T., Gerber, P., Verburg, P. H., Rosales, M., Ibrahim, M., & Steinfeld, H. (2007). Projecting land use changes in the Neotropics: The geography of pasture expansion into forest. *Global Environmental Change*, 17(1), 86-104. doi: <http://dx.doi.org/10.1016/j.gloenvcha.2006.03.007>
- Webb, D. B., Wood, P. J., Smith, J. P., & Henman, G. S. (1984). *A Guide to Species Selection for Tropical and Subtropical Plantation*. Oxford.
- Weber, A. (1957). *Theory of location of industries (edição Original de 1909)*. Chicago: University of Chicago Press.
- Wegener, M. (1998). Applied models of urban land use, transport and environment: state of the art and future developments. In L. Lundqvist, L. G. Mattson & T. J. Kim (Eds.), *Network Infrastructure and the Urban Environment: Recent Advances in Land use/Transportation Modelling* (pp. 245-267). Heidelberg: Springer.
- Wegener, M. (2014). Land-Use Transport Interaction Models. In M. M. Fischer & P. Nijkamp (Eds.), *Handbook of Regional Science* (pp. 741-758). Berlin, Heidelberg: Springer Berlin Heidelberg.
- Wheeler, T., & Von Braun, J. (2013). Climate change impacts on global food security. *Science*, 341(6145), 508-513.
- Wicke, B., Verweij, P., van Meijl, H., van Vuuren, D. P., & Faaij, A. P. (2012). Indirect land use change: review of existing models and strategies for mitigation. *Biofuels*, 3(1), 87-100.
- Wilson, A. G. (1967). A statistical theory of spatial distribution models. *Transportation Research*, 1(3), 253-269. doi: [http://dx.doi.org/10.1016/0041-1647\(67\)90035-4](http://dx.doi.org/10.1016/0041-1647(67)90035-4)
- Wilson, A. G. (1970). *Entropy in Urban and Regional Modelling*. London: Pion.
- Wilson, A. G. (1998). Land-use/transport interaction models: Past and future. *Journal of transport economics and policy*, 3-26.
- Wood, E. C., Tappan, G. G., & Hadj, A. (2004). Understanding the drivers of agricultural land use change in south-central Senegal. *Journal of Arid Environments*, 59(3), 565-582.
- Worqlul, A. W., Collick, A. S., Rossiter, D. G., Langan, S., & Steenhuis, T. S. (2015). Assessment of surface water irrigation potential in the Ethiopian highlands: The Lake Tana Basin. *CATENA*, 129, 76-85. doi: <http://dx.doi.org/10.1016/j.catena.2015.02.020>
- Wright, I. A., Smeets, P. J. A. M., Elbersen, B. S., Roos Klein-Lankhorst, J., Pflimlin, A., Louloudis, L., . . . Pirringer, H. (1999). A protocol for building the ELPEN livestock policy decision support system. Aberdeen: Macaulay Land Use Research Institute - MLURI.
- Yan, H., Bi, H., Li, R., Eldridge, R., Wu, Z., Li, Y., & Simpson, J. (2006). Assessing climatic suitability of *Pinus radiata* (D. Don) for summer rainfall environment of

- southwest China. *Forest Ecology and Management*, 234(1–3), 199-208. doi: <http://dx.doi.org/10.1016/j.foreco.2006.07.009>
- Yizengaw, T., & Verheye, W. H. (1995). Application of computer captured knowledge in land evaluation, using ALES in central Ethiopia. *Geoderma*, 66, 297-311.
- Zimmermann, C. L. (2009). Monocultura e Transgenia. Impactos Ambientais e Insegurança Alimentar. *Veredas do Direito*, 6(12), 79-100.

ANEXOS

ANEXO A

Inquérito para a estimativa dos preços dos terrenos rurais da ilha Terceira

Inquérito para a estimativa dos preços dos terrenos rurais da ilha Terceira

Numero do Inquérito _____		Data ___/___/2016	
Nome _____		Idade _____	
Freguesia de Residência _____			
Freguesia da Propriedade _____		Zona (1-54) _____	
Classe de Aptidão (1-12) _____		Área (hectares) _____	
Número de deslocações semanais à propriedade _____			
Ocupação do Terreno (cultura) _____			
Tipo do Terreno	Rural	<input type="checkbox"/>	
	Urbanizável	<input type="checkbox"/>	
Acessibilidades e Infraestruturas	Estrada	<input type="checkbox"/>	
	Água	<input type="checkbox"/>	
	Eletricidade	<input type="checkbox"/>	
Tipo de Propriedade:	Própria	<input type="checkbox"/>	
	Alugada	<input type="checkbox"/>	
Renda Anual _____			
Valor de Aquisição _____		Ano de Aquisição _____	
Valor de Venda _____			
Valor de Compra _____			

ANEXO B

Modelo Geográfico- Cálculo das Aptidões e das Classes do Uso do Solo

Código Python da Ferramenta *Area_Compiler* desenvolvida para o Arcmap 10.2

São definidas três variáveis:

```
geodatabase = "Geodatabase_Name.gdb"
```

```
matriz raster das classes de aptidão = "Classe_Name"
```

```
matriz raster com as zonas totais = "Zones_Number"
```

```
## Final - Criar Grids Zona vs. Áreas para GDB #####
```

```
import arcpy
```

```
from arcpy import env
```

```
from arcpy.sa import *
```

```
env.workspace = "c:\\terceira_sig\\" + Geodatabase_Name.gdb"
```

```
outputdir = "c:\\terceira_sig"
```

```
arcpy.env.outputCoordinateSystem = "Classe_Name"
```

```
arcpy.env.extent = "Classe_Name"
```

```
arcpy.env.cellSize = "Classe_Name"
```

```
fzona=Raster("Zones_Number")
```

```
fclasses=Raster("Classe_Name")
```

```
max_classes=13
```

```
max_zonas=55
```

```
for z in range(1, max_zonas):
```

```
    for c in range(1,max_classes):
```

```
        outraster = arcpy.sa.Con((fzona == z) & (fclasses == c), 1, 0)
```

```
            print "Calculado -->
```

```
C:\\terceira_sig\\Geodatabase_Name.gdb\\z"+str(z)+"_c"+str(c)
```

```
            outraster.save("c:\\terceira_sig\\Geodatabase_Name.gdb\\z"+str(z)+"_c"+str(c))
```

```
## Testes Finais - Tabela de Unidades de Areas Disponíveis #####
```

```
import os, sys, string
```

```

import arcpy

import xlswriter

from arcpy import env

from arcpy.sa import *

from time import gmtime, strftime

# Definir diretório da saída/entrada

outputdir = "D:\\Paulo_USolos"

# Definir GDB

gdb = "\\Geodatabase_Name.gdb"

env.workspace = outputdir + gdb

arcpy.env.overwriteOutput=True

arcpy.env.outputCoordinateSystem = "Classe_Name"

arcpy.env.extent = "Classe_Name"

arcpy.env.cellSize = "Classe_Name"

fzona=Raster("Zones_Number")

fclasses=Raster("Classe_Name")

max_classes=13

max_zonas=55

# Obter Data e Hora

dtime = strftime("%Y_%m_%d_%H_%M_%S", gmtime())

# Criar um novo ficheiro de Excel e adicionar uma worksheet.

workbook = xlswriter.Workbook(str(outputdir+ '\\Areas_disponiveis_' + dtime +
'.xlsx'))

worksheet = workbook.add_worksheet('Areas Disponiveis')

# Condição Zona/Classe

for z in range(1, max_zonas):

```

```

worksheet.write(z, 0, str('Zone '+str(z)))

for c in range(1,max_classes):

    worksheet.write(0, c, str('Class '+ str(c)))

    outraster = arcpy.sa.Con((fzona == z) & (fclasses == c), 1, 0)

    arcpy.env.rasterStatistics = 'STATISTICS'

    Rows = arcpy.SearchCursor(outraster)

    col = 'Count'

    cla = 'Value'

    for row in Rows:

        vcol = row.getValue(col)

        vcla = row.getValue(cla)

        if vcla == 1:

            worksheet.write(z, c, vcol)

            print c, vcla, z, vcol, "OK"

        else:

            worksheet.write(z, c, 0)

            print c, vcla, z, vcol, "(ZERO)"

workbook.close()

del outraster, vcla, vcol, col, cla, z, c

## Script FINAL - Grids Zona vs. Áreas & Tabela de Unidades de Areas Disponíveis &
Raster para GDB #####

import os, sys, string

import arcpy

import xlswriter

from arcpy import env

from arcpy.sa import *

```

```

from time import gmtime, strftime

# Definir diretório da saída/entrada
outputdir = "D:\\Paulo_USolos"

# Definir GDB
gdb = "\\Geodatabase_Name.gdb"
env.workspace = outputdir + gdb
arcpy.env.overwriteOutput=True
arcpy.env.outputCoordinateSystem = "Zones_Number"
arcpy.env.extent = "Classe_Name"
arcpy.env.cellSize = "Classe_Name"
fzona=Raster("Zones_Number")
fclasses=Raster("Classe_Name")
max_classes=13
max_zonas=55

# Obter Data e Hora
dtime = strftime("%Y_%m_%d_%H_%M_%S", gmtime())

# Criar um novo ficheiro de Excel e adicionar uma worksheet.
workbook = xlswriter.Workbook(str(outputdir+ '\\Areas_disponiveis_' + dtime +
'.xlsx'))
worksheet = workbook.add_worksheet('Areas Disponiveis')

# Condição Zona/Classe
for z in range(1, max_zonas):
    worksheet.write(z, 0, str('Zone '+str(z)))
    for c in range(1,max_classes):
        worksheet.write(0, c, str('Class '+ str(c)))
        outraster = arcpy.sa.Con((fzona == z) & (fclasses == c), 1, 0)

```



```

Rows = arcpy.SearchCursor(outraster)

col = 'Count'

cla = 'Value'

for row in Rows:

    vcol = row.getValue(col)

    vcla = row.getValue(cla)

    if vcla == 1:

        worksheet.write(z, c, vcol)

        print c, vcla, z, vcol, "OK"

    else:

        worksheet.write(z, c, 0)

        print c, vcla, z, vcol, "(ZERO)"

print "Calculado --> "+outputdir+gdb+"\z"+str(z)+"_c"+str(c)

outraster.save(str(outputdir)+str(gdb)+"\z"+str(z)+"_c"+str(c))

workbook.close()

del outraster, vcla, vcol, col, cla, z, c

```

Modelo Geográfico de Distribuição Espacial

```

## Script FINAL - Grids Zona vs. Áreas & Tabela de Unidades de Areas Disponíveis & Raster para GDB
#####

```

```

import os, sys, string
import arcpy
import xlswriter
from openpyxl import load_workbook
from openpyxl import Workbook
from arcpy import env
from arcpy.sa import *
from time import gmtime, strftime

```

```

# Definir diretório da saída/entrada
outputdir = "C:\Paulo_Doutoramento"

```

```

# Definir GDB
gdb = "\\Filipe.gdb"
gdb2 = "\\Dados_setembro_2016"
gdb3 = "\\TempRaster.gdb"

# Definir vars do ambiente
env.workspace = outputdir + gdb3
arcpy.env.overwriteOutput=True
arcpy.env.outputCoordinateSystem = "Ilha_Base"
arcpy.env.extent = "Ilha_Base"
arcpy.env.cellSize = "Ilha_Base"

# Definir ficheiros RASTER a usar nos Query's
fzona=Raster("Zonas_Agosto7")
fclasses=Raster("Classes_Totais_Agosto_2016")
hortus=Raster("Hortus_agosto_2016")
saltus=Raster("saltus_agosto_2016")
ager=Raster("Ager_agosto_2016")
silvae=Raster("Silvae_agosto_2016")
urbe=Raster("Urbe_agosto_2016")
indust=Raster("Industrial_agosto_2016")
base=Raster("Base_agosto_2016")
euclidisturb=Raster("EucDist_Urbe2")

# Definir valores para as iterações
max_zonas=55
hor = []
nlmin = 1
nlmax = 650
vdiff = 0
ed = 500
count = 0

# Obter Data e Hora
dtime = strftime("%Y_%m_%d_%H_%M_%S", gmtime())

# Ler de um ficheiro de Excel
wb = load_workbook(str(outputdir+ "\\Areas_zonas_classes_atividades_filipe_23_set.xlsx"))
sheet = wb['Folha1']
# Ler uma célula específica
for nl in range(nlmin, nlmax):
    z = sheet['E'+ str(nl)].value
    c = sheet['F'+ str(nl)].value
    np = sheet['L'+ str(nl)].value
    if np > 0:
        outraster = arcpy.sa.Con((urbe == 0) & (indust == 0) & (base == 0) & (hortus == 1)
        & (fzona == z) & (fclasses == c) & (euclidisturb >= 0) & (euclidisturb < 100), 1, 0)
        Rows = arcpy.SearchCursor(outraster)
        col = 'Count'
        cla = 'Value'
        for row in Rows:
            vcol = row.getValue(col)
            vcla = row.getValue(cla)
            if vcla == 1:
                vdiff = vcol-np
                if vdiff<0:
                    print str(vdiff)+' --> Dif. Negativa...'
                    while vdiff<(-30):

```

```

        outraster2 = arcpy.sa.Con((urbe == 0)
& (indust == 0) & (base == 0) & (hortus == 1) & (fzona == z) & (fclasses == c) & (eucldisturb >= 0) &
(eucldisturb < ed), 1, 0)

        Rows =
arcpy.SearchCursor(outraster2)

        col = 'Count'
        cla = 'Value'
        for row in Rows:
            vcol = row.getValue(col)
            vcla = row.getValue(cla)
            if vcla == 1:
                vdiff = vcol-
np
                ed = ed + 25
                print ed
                if ed >= 25:

            print 'Calculado com sucesso (Eucl. Dist.~=0) Z' + str(z) + '_C' + str(c) + '_NPix.A._'
+str(np)+'<=> NPix.B._' + str(vdiff)

            outraster2.save(str(outputdir)+str(gdb3)+"\Z"+str(z)+"C"+str(c)+"_hortus")
                else:

            count = count + 1

            print ed, count, np, vdiff

            print 'Calculado com sucesso Z' + str(z) + '_C' + str(c) + '_NPix.A._'+str(np)+'<=> NPix.B._' +
str(vdiff)

            outraster2.save(str(outputdir)+str(gdb3)+"\Z"+str(z)+"C"+str(c)+"_hortus")
                ##del

outraster2, vcla, vcol, col, cla, z, c, np, Rows
            if vdiff>0:
                print str(vdiff)+' --> Dif. Positiva...'
                while vdiff>30:
                    outraster2 = arcpy.sa.Con((urbe == 0)
& (indust == 0) & (base == 0) & (hortus == 1) & (fzona == z) & (fclasses == c) & (eucldisturb >= 0) &
(eucldisturb < ed), 1, 0)

                    Rows =
arcpy.SearchCursor(outraster2)

                    col = 'Count'
                    cla = 'Value'
                    for row in Rows:
                        vcol = row.getValue(col)
                        vcla = row.getValue(cla)
                        if vcla == 1:
                            vdiff = vcol-
np
                            ed = ed - 25
                            print ed
                            if ed <= 25:

                    print 'Z' + str(z) + '_C' + str(c) + '_NPix.A._'+str(np)+'<=> NPix.B._' + str(vdiff)

                    outraster2.save(str(outputdir)+str(gdb3)+"\Z"+str(z)+"C"+str(c)+"_hortus")
                        else:

                    count = count + 1

```

```

print ed, count, np, vdiff

print 'Calculado com sucesso Z' + str(z) + '_C' + str(c) + '_NPix.A._' + str(np) + '<=> NPix.B._' +
str(vdiff)

outraster2.save(str(outputdir)+str(gdb3)+"\Z"+str(z)+"C"+str(c)+"_hortus")
                                                                    ##del
outraster2, vcla, vcol, col, cla, z, c, np, Rows
                                                                    else:
str(c) + " Pix._" + str(vdiff)
                                                                    print 'Sem Calibração ----> Z' + str(z) + '_C' +
                                                                    str(c) + " Pix._" + str(vdiff)

outraster.save(str(outputdir)+str(gdb3)+"\Z"+str(z)+"C"+str(c)+"_hortus")
                                                                    #del outraster, vcla, vcol, col, cla, z, c, np, Rows
                                                                    #print
"Z"+str(z)+"_C"+str(c)+"_Dif"+str(vdiff)+" ----> KO..."
del outraster, vcla, vcol, col, cla, z, c, np, Rows
workbook.close()

```

ANEXO C

Matriz Residência-Emprego (Calibração)

Matriz Residência-Emprego (Calibração).

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40	41	42	43	44	45	46	47	48	49	50	51	52	53	54	55
1	282,85	23,93	15,48	22,33	64,12	10,21	13,36	135,87	4,91	11,75	6,83	196,09	0,00	50,78	0,00	14,61	1,44	19,19	61,83	2,98	38,71	0,00	122,75	11,04	0,00	6,16	0,00	0,00	0,00	59,28	0,00	0,00	122,09	0,37	123,07	4,91	0,00	0,00	0,00	0,00	142,13	0,00	13,86	0,00	3,33	0,00	0,00	0,99	48,78	11,99	0,00	15,61	0,00	0,00	0,00
2	29,58	829,03	20,20	3,47	96,42	7,56	47,04	18,33	3,63	84,13	0,80	22,95	0,00	32,60	0,00	78,77	0,22	321,78	7,45	9,11	118,31	0,00	25,34	59,51	0,00	157,97	0,00	0,00	0,00	8,00	0,00	0,00	33,47	9,37	14,40	94,85	0,00	0,00	0,00	0,00	19,17	0,00	1,87	0,00	1,05	0,00	0,00	3,02	10,07	151,34	0,00	111,70	0,00	0,00	0,00
3	24,71	26,09	186,89	10,25	2,32	81,10	45,29	6,54	38,96	2,03	8,58	25,46	0,00	4,31	0,00	43,00	1,57	36,90	7,17	36,22	2,85	0,00	15,94	13,87	0,00	7,74	0,00	0,00	0,00	5,80	0,00	0,00	18,27	0,53	24,46	2,29	0,00	0,00	0,00	0,00	24,51	0,00	3,66	0,00	11,29	0,00	0,00	0,30	11,17	9,84	0,00	3,10	0,00	0,00	0,00
4	31,50	3,96	9,06	120,74	7,99	9,95	1,92	80,61	11,01	1,27	39,21	37,41	0,00	5,49	0,00	1,82	7,16	2,17	7,39	1,65	4,83	0,00	13,28	1,38	0,00	0,67	0,00	0,00	0,00	82,37	0,00	0,00	15,22	0,05	47,71	1,65	0,00	0,00	0,00	0,00	27,11	0,00	45,11	0,00	18,52	0,00	0,00	0,14	8,07	1,45	0,00	1,69	0,00	0,00	0,00
5	77,49	94,26	1,76	6,85	249,15	2,72	11,05	41,66	1,50	46,30	2,09	60,13	0,00	85,41	0,00	7,90	0,38	32,28	16,92	0,79	132,33	0,00	43,37	7,93	0,00	13,75	0,00	0,00	0,00	18,18	0,00	0,00	101,04	0,94	37,73	16,78	0,00	0,00	0,00	0,00	43,58	0,00	4,25	0,00	1,02	0,00	0,00	1,66	14,96	17,50	0,00	53,35	0,00	0,00	0,00
6	18,58	11,12	92,42	12,84	4,09	96,48	19,31	8,67	51,65	1,00	11,38	19,14	0,00	3,24	0,00	18,33	1,02	15,73	4,68	17,79	1,40	0,00	10,40	6,81	0,00	3,80	0,00	0,00	0,00	7,69	0,00	0,00	11,92	0,23	15,96	1,12	0,00	0,00	0,00	0,00	15,99	0,00	4,85	0,00	14,97	0,00	0,00	0,13	8,40	4,20	0,00	1,32	0,00	0,00	0,00
7	21,25	60,53	45,13	2,16	14,55	16,88	136,93	11,42	8,11	7,20	1,79	14,31	0,00	4,92	0,00	99,78	0,43	85,63	4,64	20,35	17,85	0,00	15,79	56,76	0,00	20,69	0,00	0,00	0,00	5,74	0,00	0,00	20,86	1,23	10,35	8,12	0,00	0,00	0,00	0,00	13,77	0,00	2,06	0,00	2,35	0,00	0,00	1,23	7,23	46,41	0,00	11,01	0,00	0,00	0,00
8	143,40	15,65	4,32	60,31	36,38	5,03	7,58	438,01	5,66	6,67	21,26	196,23	0,00	25,00	0,00	8,29	3,88	10,89	47,93	2,98	21,97	0,00	69,65	6,26	0,00	3,49	0,00	0,00	0,00	120,56	0,00	0,00	69,28	0,28	188,47	2,42	0,00	0,00	0,00	0,00	142,23	0,00	49,72	0,00	8,99	0,00	0,00	0,74	42,36	6,80	0,00	7,68	0,00	0,00	0,00
9	9,08	5,43	45,17	14,45	2,30	52,55	9,44	9,92	54,34	0,49	13,03	9,36	0,00	1,58	0,00	8,96	1,17	7,69	2,29	8,70	0,68	0,00	5,86	3,33	0,00	1,86	0,00	0,00	0,00	8,80	0,00	0,00	5,83	0,11	7,80	0,55	0,00	0,00	0,00	0,00	7,82	0,00	5,55	0,00	14,87	0,00	0,00	0,06	4,10	2,36	0,00	0,65	0,00	0,00	0,00
10	15,00	86,88	1,62	1,15	48,91	0,70	5,78	8,07	0,34	53,73	0,41	11,64	0,00	16,54	0,00	7,28	0,07	29,76	3,28	0,84	60,01	0,00	8,40	6,34	0,00	14,61	0,00	0,00	0,00	3,52	0,00	0,00	19,56	0,87	7,31	20,54	0,00	0,00	0,00	0,00	8,44	0,00	0,82	0,00	0,17	0,00	0,00	0,75	2,90	16,13	0,00	37,02	0,00	0,00	0,00
11	10,86	1,03	8,55	44,18	2,76	9,94	1,79	32,03	11,19	0,51	36,07	12,90	0,00	1,89	0,00	1,70	3,78	1,45	2,73	1,65	1,66	0,00	4,58	0,63	0,00	0,35	0,00	0,00	0,00	28,40	0,00	0,00	6,05	0,02	16,45	0,10	0,00	0,00	0,00	0,00	9,35	0,00	15,55	0,00	17,78	0,00	0,00	0,06	3,70	0,45	0,00	0,58	0,00	0,00	0,00
12	192,36	18,21	15,65	26,01	48,81	10,32	8,82	182,38	4,96	8,95	7,96	216,55	0,00	33,54	0,00	9,65	1,45	12,68	51,97	3,01	25,57	0,00	81,08	7,29	0,00	4,07	0,00	0,00	0,00	79,57	0,00	0,00	92,93	0,24	143,35	3,24	0,00	0,00	0,00	0,00	145,71	0,00	21,44	0,00	3,37	0,00	0,00	0,75	49,31	7,92	0,00	10,31	0,00	0,00	0,00
13	0,73	0,12	1,17	2,76	0,16	1,18	0,24	1,87	1,33	0,03	2,46	0,75	0,00	0,13	0,00	0,23	0,22	0,17	0,18	0,20	0,10	0,00	0,27	0,07	0,00	0,04	0,00	0,00	0,00	1,66	0,00	0,00	0,35	0,00	0,96	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,55	0,00	1,05	0,00	2,43	0,00	0,00	0,00	0,22	0,05	0,00	0,04	0,00	0,00	0,00
14	57,53	29,88	3,06	4,41	80,07	2,02	3,50	26,84	0,97	14,68	1,35	38,74	0,00	50,37	0,00	3,33	0,28	8,88	12,57	0,38	41,95	0,00	32,20	2,51	0,00	4,36	0,00	0,00	0,00	11,71	0,00	0,00	65,10	0,30	24,31	5,32	0,00	0,00	0,00	0,00	28,08	0,00	3,16	0,00	0,66	0,00	0,00	1,07	11,11	5,55	0,00	16,91	0,00	0,00	0,00
15	2,63	0,89	7,43	1,27	0,58	3,20	1,55	1,63	1,54	0,08	0,34	2,35	0,00	0,46	0,00	1,47	0,17	1,26	0,66	1,43	0,35	0,00	1,47	0,55	0,00	0,31	0,00	0,00	0,00	1,67	0,00	0,00	1,69	0,02	2,26	0,09	0,00	0,00	0,00	0,00	2,27	0,00	0,69	0,00	0,45	0,00	0,00	0,02	1,19	0,39	0,00	0,11	0,00	0,00	0,00
16	20,76	90,51	38,26	1,83	9,29	14,31	89,09	11,16	6,87	8,10	1,51	13,98	0,00	4,17	0,00	154,03	0,42	128,04	4,53	17,25	11,40	0,00	15,43	55,45	0,00	30,93	0,00	0,00	0,00	4,87	0,00	0,00	20,38	1,83	8,77	9,14	0,00	0,00	0,00	0,00	11,67	0,00	1,74	0,00	1,99	0,00	0,00	1,04	6,13	39,35	0,00	10,76	0,00	0,00	0,00
17	3,42	0,43	2,33	12,06	0,75	1,34	0,65	8,74	1,50	0,14	5,65	3,52	0,00	0,60	0,00	0,71	1,41	0,40	0,86	0,45	0,45	0,00	1,91	0,46	0,00	0,30	0,00	0,00	0,00	3,81	0,00	0,00	2,19	0,01	6,87	0,06	0,00	0,00	0,00	0,00	2,94	0,00	4,25	0,00	2,75	0,00	0,00	0,03	1,54	0,29	0,00	0,21	0,00	0,00	0,00
18	23,79	322,58	28,65	1,90	33,11	10,72	66,71	12,79	5,15	28,89	1,13	16,02	0,00	9,71	0,00	111,72	0,21	429,93	5,20	12,92	40,62	0,00	17,68	84,39	0,00	110,24	0,00	0,00	0,00	5,58	0,00	0,00	23,36	6,54	10,05	32,57	0,00	0,00	0,00	0,00	15,42	0,00	1,73	0,00	1,49	0,00	0,00	1,19	7,03	121,70	0,00	38,35	0,00	0,00	0,00
19	60,73	5,92	4,41	5,14	13,76	2,52	2,87	44,60	1,21	2,52	1,69	52,04	0,00	10,89	0,00	3,14	0,36	4,12	17,49	0,74	8,30	0,00	26,33	2,37	0,00	1,32	0,00	0,00	0,00	19,46	0,00	0,00	26,19	0,08	35,06	1,05	0,00	0,00	0,00	0,00	44,40	0,00	5,24	0,00	0,82	0,00	0,00	0,24	12,06	2,57	0,00	3,35	0,00	0,00	0,00
20	5,24	12,96	39,90	2,05	1,15	17,20	22,49	4,97	8,26	1,16	1,82	5,40	0,00	0,60	0,00	21,36	0,33	18,33	1,32	19,05	1,63	0,00	2,21	7,94	0,00	4,43	0,00	0,00	0,00	4,41	0,00	0,00	2,53	0,26	5,19	1,14	0,00	0,00	0,00	0,00	4,51	0,00	1,37	0,00	2,39	0,00	0,00	0,15	2,37	4,89	0,00	1,54	0,00	0,00	0,00
21	48,65	120,26	2,24	4,30	137,60	0,97	14,10	26,15	0,46	59,07	1,31	32,75	0,00	46,53	0,00	10,08	0,24	41,19	10,62	1,17	181,30	0,00	27,23	11,66	0,00	11,47	0,00	0,00	0,00	11,41	0,00	0,00	63,43	1,20	20,56	24,67	0,00	0,00	0,00	0,00	27,36	0,00	2,67	0,00	0,56	0,00	0,00	2,12	9,39	22,32	0,00	78,43	0,00	0,00	0,00
22	0,66	0,26	2,48	0,90	0,17	2,51	0,52	0,63	2,82	0,02	0,82	0,68	0,00	0,12	0,00	0,49	0,07	0,37	0,17	0,41	0,10	0,00	0,43	0,16	0,00	0,09	0,00	0,00	0,00	0,56	0,00	0,00	0,49	0,01	0,66	0,03	0,00	0,00	0,00	0,00	0,57	0,00	0,31	0,00	0,94	0,00	0,00	0,01	0,30	0,11	0,00	0,03	0,00	0,00	0,00
23	133,17	22,24	10,83	10,21	38,94	6,20	10,77	71,59	3,43	7,14	3,12	89,66	0,00	30,84	0,00	11,79	0,87	15,48	29,08	1,36	23,51	0,00	93,85	10,26	0,00	4,97	0,00	0,00	0,00	31,23	0,00	0,00	85,44	0,29	56,27	2,98	0,00	0,00	0,00	0,00	74,89	0,00	8,42</												

ANEXO D

Matriz População-Serviços (Calibração)

ANEXO E

Matriz da Distância da Terceira

Matriz da Distância da Terceira.

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40	41	42	43	44	45	46	47	48	49	50	51	52	53	54	55	
1	0	21	18	14	10	18	18	7	21	16	18	2	21	6	16	18	16	20	1	21	12	21	2	16	12	21	15	9	21	9	12	19	5	23	5	19	22	9	8	16	3	12	13	6	21	18	6	14	4	18	13	15	4	17	619	
2	21	1	21	32	12	25	14	26	28	7	38	22	37	14	27	11	34	5	21	18	9	31	18	9	25	3	27	15	18	28	12	39	19	5	25	3	35	15	25	21	22	13	32	18	34	11	17	11	20	5	18	6	17	30	603	
3	18	21	1	20	34	4	10	29	7	29	17	17	15	24	6	11	16	16	17	4	31	9	17	15	11	20	14	23	7	26	17	17	19	21	17	25	21	22	12	15	16	22	23	21	13	28	19	23	15	20	13	27	17	8	625	
4	14	32	20	0	23	17	30	9	14	30	4	12	8	20	17	31	3	34	15	24	25	15	16	29	8	35	4	23	20	5	22	5	18	36	10	25	9	21	14	18	13	24	3	19	7	31	18	26	15	31	15	29	17	21	625	
5	10	12	34	23	1	28	20	16	30	7	27	11	31	3	26	23	26	17	11	31	4	30	10	19	18	16	24	5	31	18	14	28	7	17	14	11	31	7	17	26	12	10	22	7	30	8	10	11	13	16	20	7	12	26	611	
6	18	25	4	17	28	1	14	25	3	32	13	17	12	24	9	15	17	20	18	7	34	6	18	18	12	23	15	24	11	22	21	14	20	25	18	28	22	22	13	16	17	25	19	21	9	32	19	27	15	24	13	31	18	4	628	
7	18	14	10	30	20	14	1	24	17	19	27	20	25	22	16	4	24	9	19	7	17	19	16	4	19	12	22	17	7	25	6	27	17	14	22	15	31	17	20	7	19	11	26	18	23	18	15	12	17	8	12	17	18	18	615	
8	7	26	29	9	16	25	24	1	22	22	12	4	16	13	21	24	11	26	5	23	18	23	8	22	11	27	10	15	32	6	18	14	11	27	4	26	17	13	9	20	5	16	6	12	16	24	10	18	7	24	18	22	10	22	626	
9	21	28	7	14	30	3	17	22	1	35	10	20	9	27	12	18	14	23	21	10	37	3	20	21	15	26	15	27	14	19	24	11	23	28	21	31	19	25	15	19	20	28	16	24	7	35	22	30	18	26	16	34	21	7	631	
10	16	7	29	30	7	32	19	22	35	0	33	17	37	9	34	18	32	12	17	25	4	38	16	15	27	10	30	11	25	24	14	35	13	12	20	4	38	13	23	26	18	10	28	15	37	8	19	11	19	11	23	4	19	37	604	
11	18	38	17	4	27	13	27	12	10	33	1	16	4	24	22	28	4	33	18	20	29	11	20	31	9	36	6	26	24	9	22	2	21	38	14	41	10	25	15	18	17	26	7	23	4	35	22	28	17	36	16	33	21	17	641	
12	2	22	17	12	11	17	20	4	20	17	16	0	20	8	16	20	15	22	2	20	14	20	4	18	11	23	11	10	20	6	14	17	6	25	3	21	21	10	6	15	2	14	9	7	20	21	7	15	3	20	12	17	7	16	621	
13	21	37	15	8	31	12	25	16	9	37	4	20	0	27	21	26	8	32	21	19	33	10	24	30	12	35	9	30	22	13	25	4	25	37	18	40	13	28	18	21	21	28	10	27	2	35	25	31	21	35	19	36	25	16	640	
14	6	14	24	20	3	24	22	13	27	9	24	8	27	1	22	23	22	20	7	30	6	27	6	21	18	18	20	2	30	15	16	25	4	19	11	13	28	5	13	22	9	7	18	4	27	10	10	8	9	18	16	9	9	23	613	
15	16	27	6	17	26	9	16	21	12	34	22	16	21	22	1	17	14	22	16	9	28	12	16	20	10	25	13	22	3	17	18	18	18	18	27	16	30	20	20	11	14	15	22	17	27	18	28	17	24	13	25	11	33	16	8	630
16	18	11	11	31	23	15	4	24	18	18	28	20	26	23	17	1	24	6	19	8	20	20	16	4	23	9	23	16	8	26	6	28	17	11	23	14	32	18	20	10	20	11	27	18	24	17	15	13	18	9	13	17	17	19	614	
17	16	34	16	3	26	17	24	11	14	32	4	15	8	22	14	24	1	32	16	19	28	15	16	23	5	27	2	22	16	13	18	4	18	34	10	35	6	20	11	14	15	22	6	19	7	28	17	24	13	29	11	30	16	19	635	
18	20	5	16	34	17	20	9	26	23	12	33	22	32	20	22	6	32	0	21	13	14	26	18	4	22	3	24	19	13	28	11	34	19	5	25	8	37	20	22	16	21	13	30	20	29	20	17	15	20	4	15	11	20	25	608	
19	1	21	17	15	11	18	19	5	21	17	18	2	21	7	16	19	16	21	0	21	13	21	3	17	13	22	14	10	21	7	13	19	6	24	4	20	22	9	7	16	1	12	10	6	21	19	6	14	4	19	14	16	5	17	620	
20	21	18	4	24	31	7	7	23	10	25	20	20	19	30	9	8	19	13	21	1	27	13	23	11	15	16	17	24	11	20	14	21	25	18	20	22	25	25	15	14	20	18	22	26	16	25	22	20	18	17	16	24	20	12	622	
21	12	9	31	25	4	34	17	18	37	4	29	14	33	6	28	20	28	14	13	27	0	32	12	15	23	16	26	7	27	20	11	31	9	14	17	7	33	9	19	23	14	7	24	9	33	5	15	8	15	13	15	3	16	29	607	
22	21	31	9	15	30	6	19	23	3	38	11	20	10	27	12	20	15	26	21	13	32	0	20	24	20	29	16	27	14	20	26	12	22	31	20	34	20	25	15	19	20	27	18	24	8	32	22	28	18	29	16	37	20	7	634	
23	2	18	17	16	10	18	16	8	20	16	20	4	24	6	16	16	16	18	3	23	12	20	0	13	10	19	14	9	23	10	10	19	4	21	7	19	21	6	7	16	4	10	13	5	24	16	3	11	3	16	10	15	2	17	619	
24	16	9	15	29	19	18	4	22	21	15	31	18	30	21	20	4	23	4	17	11	15	24	13	0	18	8	20	13	11	24	6	32	15	9	20	11	29	16	18	11	17	9	24	15	27	14	13	10	15	5	11	14	14	23	611	
25	12	25	11	8	18	12	19	11	15	27	9	11	12	18	10	23	5	22	13	15	23	20	10	18	1	23	3	18	15	7	13	8	13	29	7	27	10	16	6	10	11	18	7	15	12	24	13	20	9	26	7	26	11	11	627	
26	21	3	20	35	16	23	12	27	26	10	36	23	35	18	25	9	27	3	22	16	16	29	19	8	23	1	26	18	27	29	10	31	20	2	26	7	33	21	23	19	23	14	33	20	32	15	18	13	21	5	16	9	19	28	607	
27	15	27	14	4	24	15	22	10	15	32	6	11	9	20	13	23	2	24	14	17	26	16	14	20	3	26	0	21	17	6	16	5	16	32	8	29	7	19	9	12	13	20	4	18	9	26	16	22	12	23	10	28	14	14	629	
28	9	15	23	23	5	24	17	15	27	11	26	10	30	2	22	16	22	19	10	24	7	27	9	13	18	18	21	0	24	17	11	26	4	20	14	13	28	2	14	17	11	5	20	4	30	8	5	6	17	12	11	10	6	23	613	
29	21	18	7	20	31	11	7	32	14	25	24	20	22	30	3	8	16	13	21	11	27	14	23	11	15	27	17	24	1	29	19	20	25	18	20	22	22	25	15	16	20	18	26	21	20	29	22	20	18	17	16	24	17	10	622	
30	9	28	26	5	18	22	25	6	19	24	9	6	13	15	17	26	13	28	7	20	20	20	10	24	7	29	6	17	29	1	19	11	13	29	5	27	14	15	7	17	7	18	3	14	13	26	12	20	7	26	14	23	12	18	627	
31	12	12	17	22	14	21	6	18	24	14	22	14	25	16	18	6	18	11	13	14	11	26	10	6	13	10	16	11	19	19	1	21	11	14	16	14	23	11	14	12																

ANEXO F

Valores de Saída do Modelo SIMLU v2.0

Classe	Zona	Preço Total	Renda Total	Área (ha)	Preço (ha)	Renda (ha)	Rendimento	Agricultor Proprietário	Proprietário	Estrada	Urb	Ocupação
1	35	60000	650	10	6000	65	1	0	0	1	1	Forragem
1	35	30000		3,5	8571	0	0	1	0	1	1	Horticultura
2	35	30000		4	7500	0	0	1	0	1	1	Pastagem
1	23	24000	260	6	4000	43	1	0	0	1	0	Pastagem
1	23	35000	400	8	4375	50	1	0	0	1	0	Pastagem
1	23	9000	110	2	4500	55	0	0	1	1	1	Forragem
1	23	28000		7	4000	0	0	1	0	1	0	Pastagem
2	23	20000	200	4	5000	50	0	0	1	1	1	Pastagem
2	23	40000	425	11	3636	39	1	0	0	1	0	Pastagem
2	23	30000		8	3750	0	0	1	0	1	0	Pastagem
3	23	15000	150	3,5	4286	43	0	0	1	1	0	Pastagem
4	23	20000	240	6	3333	40	1	0	0	1	0	Pastagem
4	23	120000	1800	45	2667	40	1	0	0	1	0	Pastagem
4	23	30000		10	3000	0	1	0	0	1	0	Pastagem
4	23	45000	500	12	3750	42	0	0	1	1	0	Pastagem
5	23	28000	300	7	4000	43	1	0	0	1	0	Forragem
5	23	16000		4	4000	0	0	1	0	1	0	Pastagem
5	23	10000	100	2	5000	50	0	0	1	1	1	Forragem
5	23	20000		4	5000	0	0	1	0	1	1	Forragem
5	23	80000	900	20	4000	45	1	0	0	1	0	Pastagem
1	12	7000		2	3500	0	0	1	0	1	0	Horticultura
1	12	20000		4	5000	0	0	1	0	1	1	Horticultura
3	12	6000		1,5	4000	0	0	1	0	1	0	Horticultura
4	12	50000	1100	20	2500	55	1	0	0	1	0	Pastagem
4	12	33000		12	2750	0	0	1	0	1	0	Pastagem
5	12	4750		1	4750	0	0	1	0	1	1	Horticultura
5	12	11000		2	5500	0	0	1	0	1	1	Horticultura
5	12	18000		3	6000	0	0	1	0	1	1	Horticultura
1	1	12000	200	5	2400	40	1	0	0	1	1	Forragem
1	1	10000		4	2500	0	0	1	0	1	1	Horticultura
1	1	20000		9	2222	0	0	1	0	1	0	Pastagem
2	1	15000	240	6	2500	40	1	0	0	1	1	Forragem
2	1	9000		4	2250	0	0	1	0	1	1	Forragem
2	1	30000		14	2143	0	0	1	0	1	0	Pastagem
4	1	5000	140	4	1250	35	1	0	0	1	0	Forragem
5	1	9600		8	1200	0	0	1	0	1	0	Pastagem
5	1	10000	300	10	1000	30	1	0	0	1	0	Forragem
1	29	45000		10	4500	0	0	1	0	1	0	Forragem
1	29	50000		11	4545	0	0	1	0	1	0	Forragem
1	29	25000		5	5000	0	0	1	0	1	1	Forragem
1	29	65000	750	16	4062,5	47	1	0	0	1	0	Forragem
1	29	20000		4	5000	0	0	1	0	1	1	Horticultura
2	29	40000	550	10	4000	55	1	0	0	1	0	Pastagem
2	29	60000	750	14	4286	54	1	0	0	1	0	Pastagem
2	29	50000		11	4545	0	0	1	0	1	0	Pastagem
2	29	60000	750	12,5	4800	60	1	0	0	1	0	Pastagem
2	29	30000		6	5000	0	0	1	0	1	0	Forragem
3	29	7500		2	3750	0	0	1	0	1	0	Horticultura
4	29	12000		3	4000	0	0	1	0	1	0	Pastagem
4	29	48000	550	12	4000	46	1	0	0	1	0	Pastagem
4	29	42000		10	4200	0	0	1	0	1	0	Pastagem
8	29	2500		3,5	714	0	0	0	1	0	0	Floresta
1	10	20000		5	4000	0		1	0	1	0	Pastagem
1	10	35000	480	8	4375	60	1	0	0	1	0	Forragem
1	10	60000		17	3529	0						
1	10	20000	250	5	4000	50	1	0	0	1	0	Forragem
1	10	50000		10	5000	0		1	0	1	0	Forragem
2	10	30000	300	7	4286	43	1	0	0	1	0	Pastagem
2	10	20000		5	4000	0	0	1	0	1	0	Forragem
3	10	25000		10	2500	0	0	1	0	1	0	Forragem
4	10	50000		12	4167	0	0	1	0	1	0	Pastagem
4	10	75000	800	20	3750	40	1	0	0	1	0	Pastagem
4	10	35000	350	8	4375	44	1	0	0	1	0	Pastagem
5	10	15000	200	4	3750	50	1	0	0	1	0	Forragem
5	10	80000		20	4000	0						

Classe	Zona	Preço Total	Renda Total	Área (ha)	Preço (ha)	Renda (ha)	Rendimento	Agricultor Proprietário	Proprietário	Estrada	Urb	Ocupação
5	10	50000	600	12	4167	50	1	0	0	1	0	Forragem
1	18	8750	150	3,5	2500	43	1	0	0	1	0	Forragem
2	18	12000		8	1500	0	0	1	0	1	0	Pastagem
2	18	15000	250	5	3000	50	0	0	1	1	0	Pastagem
3	18	20000	250	5	4000	50	0	0	1	1	1	Forragem
3	18	80000	1200	20	4000	60	1	0	0	1	0	Pastagem
4	18	3500	87,5	2,5	1400	35	1	0	0	0	0	Pastagem
4	18	18000		12	1500	0	0	1	0	1	0	Pastagem
8	18	8500	300	8,5	1000	35	1	0	0	0	0	Pastagem
1	39	20000	325	5	4000	65	1	0	0	1	1	Pastagem
1	39	45000		8	5625	0	0	1	0	1	1	Forragem
1	39	25000	260	4	6250	65	1	0	0	1	1	Horticultura
5	39	60000		2,4	25000	0	0	1	0	0	0	Hortícola
5	39	60000		0,6	100000	0	0	1	0	1	1	Hortícola
8	39	22000		1,5	14667	0	0	1	0	1	1	Mato
8	39	3600		0,6	6000	0	0	1	0	0	1	Mato
1	8	12000	330	11	1091	30	1	0	0	1	0	Pastagem
1	8	14000	210	6	2333	35	1	0	0	1	1	Pastagem
1	8	15000	245	7	2143	35	1	0	0	1	1	Forragem
1	8	10000		5	2000	0	0	1	0	1	1	Forragem
2	8	8000		4	2000	0	0	1	0	1	1	Pastagem
2	8	22000		12	1833	0	0	1	0	1	0	Forragem
2	8	36000		24	1500	0	0	1	0	1	0	Forragem
2	8	6500	140	4	1625	35	1	0	0	1	0	Pastagem
4	8	12000		8	1500	0	0	1	0	1	0	Pastagem
4	8	20000	450	14	1429	32	1	0	0	1	0	Pastagem
4	8	18600		12	1550	0	0	1	0	1	0	Pastagem
3	26	20000		3	6667	0	0	1	0	1	1	Vinha
3	26	12500		1,5	8333	0	0	1	0	1	1	Vinha
3	26	1600		2	800	0	0	1	0	0	0	Vinha
3	26	2500	50	2,5	1000	20	1	0	0	0	0	Vinha
3	26	3000		4	750	0	0	0	1	0	0	Mato
3	26	14000		2	7000	0	0	1	0	1	1	Vinha
3	26	12500		2	6250	0	0	0	1	1	1	Mato
5	26	10000		1,5	6667	0	0	0	1	1	1	Hortícola
5	26	15000		2	7500	0	0	0	1	1	1	Hortícola
5	26	10000	120	3	3333	40	1	0	0	1	0	Forragem
5	26	50000		14	3571	0	0	1	0	1	0	Pastagem
5	26	26000		8	3250	0	0	1	0	1	0	Forragem
7	26	6500		1	6500	0	0	0	1	1	1	Mato
7	26	20000		2	10000	0	0	0	1	1	1	Vinha
7	26	10000		1,5	6667	0	0	0	1	1	1	Vinha
7	26	1800		3	600	0	0	0	1	0	0	Mato
1	4	2000		2	1000	0	0	1	0	0	0	Forragem
1	4	3500		3	1167	0	0	1	0	1	0	Forragem
1	4	9000		8	1125	0	0	1	0	1	0	Pastagem
4	4	11000		10	1100	0	0	1	0	1	0	Pastagem
4	4	4000		4	1000	0	0	1	0	1	0	Pastagem
5	38	30000		2,5	12000	0	0	1	0	1	1	Forragem
5	38	50000		4	12500	0	0	1	0	1	1	Forragem
4	7	16000		20	800	0	0	1	0	0	0	Pastagem
4	7	10000	360	12	833	30	1	0	0	1	0	Pastagem
8	7	1250		5	250	0	0	0	1	0	0	Floresta
2	30	17000		6	2833	0	0	1	0	1	0	Pastagem
2	30	25000	360	8	3125	45	1	0	0	1	0	Forragem
3	30	24000		4	6000	0	0	1	0	1	1	Horticultura
4	30	33600		12	2800	0	0	1	0	1	0	Pastagem
4	30	40000	650	15	2667	43	1	0	0	1	0	Pastagem
4	30	20000		9	2222	0	1	0	0	1	0	Pastagem
4	13	15000		14	1071	0	0	1	0	1	0	Pastagem
4	13	30000	750	25	1200	30	1	0	0	1	0	Pastagem
4	13	120000		120	1000	0	0	1	0	1	0	Pastagem
5	19	12500	300	5	2500	60	1	0				
5	19	7500	165	3	2500	55	1	0	0	1	0	Pastagem
5	19	12000	250	6	2000	42	1	0	0	1	0	Pastagem

Classe	Zona	Preço Total	Renda Total	Área (ha)	Preço (ha)	Renda (ha)	Rendimento	Agricultor Proprietário	Proprietário	Estrada	Urb	Ocupação
5	19	40000	440	8	5000	55	1	0	0	1	0	Forragem
2	2	6000		3	2000	0	0	1	0	1	1	Pastagem
2	2	28000	480	12	2333	40	1	0	0	1	1	Pastagem
4	2	5000		4	1250	0	0	1	0	1	0	Pastagem
4	2	12800	280	8	1600	35	1	0	0	1	0	Pastagem
4	2	22000		18	1222	0	0	1	0	1	0	Pastagem
4	2	40000		40	1000	0	0	1	0	1	0	Pastagem
5	22	60000	840	14	4286	60	1	0	0	1	1	Pastagem
5	22	40000	480	8	5000	60	1	0	0	1	1	Forragem
5	22	45000	600	12	3750	50	1	0	0	1	0	Pastagem
5	22	20000	200	4	5000	50	0	0	1	1	1	Pastagem
5	22	40000	500	10	4000	50	1	0	0	1	1	Forragem
1	17	50000		15	3333	0	0	1	0	1	0	Forragem
1	17	25000		8	3125	0	0	1	0	1	0	Forragem
2	17	60000	840	21	2857	40	1	0	0	1	0	Pastagem
2	17	38000		12	3167	0	0	1	0	1	0	Pastagem
2	17	27000	360	9	3000	40	1	0	0	1	0	Forragem
4	17	20000	330	11	1818	30	1	0	0	1	0	Pastagem
4	17	25000		12	2083	0	0	1	0	1	0	Pastagem
4	17	10000	150	5	2000	30	1	0	0	1	0	Pastagem
5	17	40000	630	14	2857	45	1	0	0	1	0	Forragem
5	17	80000		32	2500	0	0	1	0	1	0	Forragem
8	17	2000		4	500	0	0	0	1	0	0	Floresta
1	28	20000	80	2	10000	40	1	0	0	1	1	Horticultura
1	28	15000	60	1,5	10000	40	1	0	0	1	1	Horticultura
1	28	25000	85	2,5	10000	34	1	0	0	1	1	Horticultura
1	28	16000	150	4	4000	37,5	1	0	0	1	0	Pastagem
1	28	27000		9	3000	0	0	1	0	0	0	Pastagem
2	28	12000		4	3000	0	0	1	0	1	0	Pastagem
2	28	15000	180	4	3750	45	1	0	0	1	0	Pastagem
2	28	200000	2500	60	3333	42	1	0	0	1	0	Pastagem
2	28	70000		17	4118	0	0	1	0	1	0	Pastagem
2	28	35000	400	8	4375	50	1	0	0	1	0	Pastagem
2	28	37500	350	10	3750	35	1	0	0	1	0	Pastagem
4	28	30000		8	3750	0	0	1	0	1	0	Pastagem
4	28	55000	650	14	3929	46	1	0	0	1	0	Pastagem
4	28	28000		7	4000	0	0	1	0	1	0	Pastagem
5	28	40000		10	4000	0	0	1	0	1	0	Forragem
5	28	25000	250	6	4167	42	1	0	0	1	0	Forragem
5	28	15000		4	3750	0	0	1	0	1	0	Forragem
9	28	1500		2,5	600	0	0	1	0	0	0	Vinha
9	28	1000	30	2	500	15	1	0	0	0	0	Vinha
2	9	25000		16	1563	0	0	1	0	1	0	Pastagem
2	9	56000	1225	35	1600	35	1	0	0	1	0	Pastagem
2	9	12000		8	1500	0	0	1	0	1	0	Pastagem
4	9	31000	770	22	1409	35	1	0	0	1	0	Pastagem
4	9	20000		15	1333	0	0	1	0	1	0	Pastagem
8	9	3500		8	438	0	0	0	1	0	0	Floresta
1	34	45000		8	5625	0	0	1	0	1	1	Forragem
1	34	60000	650	10	6000	65	1	0	0	1	1	Pastagem
1	34	292500		65	4500	0	0	1	0	1	0	Forragem
2	34	60000		15	4000	0	0	1	0	1	0	Pastagem
2	34	70000	1000	18	3889	55,6	1	0	0	1	0	Forragem
4	34	16000	400	8	2000	50	1	0	0	1	0	Pastagem
4	34	25000	605	11	2273	55	1	0	0	1	0	Pastagem
5	34	25000	550	10	2500	55	1	0	0	1	0	Forragem
1	20	30000		7	4286	0	0	1	0	1	0	Pastagem
1	20	80000	1100	22	3636	50	1	0	0	1	0	Pastagem
1	20	45000	600	10	4500	60	1	0	0	1	0	Forragem
1	20	20000	300	5	4000	60	1	0	0	1	0	Pastagem
2	20	10000		2	5000	0	0	0	1	1	1	Forragem
2	20	8000		2,5	3200	0	0	1	0	1	0	Hortícola
3	20	6000		2	3000	0	0	1	0	1	0	Hortícola
4	20	25000	350	9	2778	39	1	0	0	1	0	Pastagem
4	20	35000		10	3500	0	0	1	0	1	0	Pastagem

Classe	Zona	Preço Total	Renda Total	Área (ha)	Preço (ha)	Renda (ha)	Rendimento	Agricultor Proprietário	Proprietário	Estrada	Urb	Ocupação
5	20	48000	650	12	4000	54	1	0	0	1	0	Pastagem
5	20	40000	600	10	4000	60	0	0	1	1	0	Forragem
5	20	20000	200	4,5	4444	44	1	0	0	1	0	Forragem
8	20	1500		5	300	0	0	1	0	0	0	Floresta
2	46	50000	800	11	4545	73	1	0	0	1	0	Pastagem
2	46	60000		13	4615	0	0	1	0	1	0	Pastagem
1	46	37500	560	8	4688	70	1	0	0	1	0	Pastagem
2	46	45000		10	4500	0	0	1	0	1	0	Pastagem
4	46	70000	1050	35	2000	30	1	0	0	1	0	Pastagem
4	46	50000		20	2500	0,0	1	0	0	1	0	Pastagem
8	46	5000		16	313	0	0	0	1	0	0	Floresta
5	54	10000		3,5	2857	0	0	1	0	1	0	Pastagem
5	54	20000		6	3333	0	0	1	0	1	0	Forragem
5	54	35000	450	10	3500	45	1	0	0	1	0	Forragem
5	54	27000	450	9	3000	50	1	0	0	1	0	Pastagem
5	54	12000	200	4	3000	50	1	0	0	1	0	Pastagem
5	54	35000		8	4375	0	0	1	0	1	1	Pastagem
2	45	50000	700	10	5000	70	1	0	0	1	0	Pastagem
2	45	72000		16	4500	0	0	1	0	1	0	Forragem
2	45	40000	585	9	4444	65	1	0	0	1	0	Pastagem
2	45	75000		18	4167	0	0	1	0	1	0	Pastagem
2	45	85000	1200	20	4250	60	1	0	0	1	0	Pastagem
4	45	44000	880	22	2000	40	1	0	0	1	0	Pastagem
4	45	350000	600	12	29167	50	1	0	0	1	0	Pastagem
4	45	20000	350	7	2857	50	1	0	0	1	0	Pastagem
2	31	35000		11	3182	0	0	1	0	1	0	Pastagem
4	14	50000		42	1190	0	0	1	0	1	0	Pastagem
1	43	20000		1,2	16667	0	0	0	1	1	0	Pastagem
5	43	100000		20	5000	0	0	1	0	1	1	Forragem
5	43	60000		13	4615	0	0	1	0	1	1	Forragem
4	16	30000	450	10	3000	45	1	0	0	1	0	Pastagem
4	16	42000		12	3500	0	0	1	0	1	0	Pastagem
4	16	350000	450	9	38889	50	1	0	0	1	0	Pastagem
4	16	18000		6	3000	0	0	1	0	1	0	Forragem
4	5	30000		24	1250	0	0	1	0	1	0	Pastagem
4	5	22000		20	1100	0	0	1	0	1	0	Pastagem
4	5	12000	360	10	1200	36	1	0	0	1	0	Pastagem
1	32	55000	765	17	3235	45	1	0	0	1	0	Forragem
1	32	25000	360	8	3125	45	1	0	0	1	0	Pastagem
1	32	40000		13	3077	0	0	1	0	1	0	Forragem
2	32	45000		12	3750	0	0	1	0	1	0	Pastagem
2	32	35000		14	2500	0	0	1	0	1	0	Pastagem
2	32	20000		9	2222	0	0	1	0	1	0	Forragem
4	32	12100		11	1100	0	0	1	0	1	0	Pastagem
4	32	20000	630	18	1111	35	1	0	0	1	0	Pastagem
4	32	25000	560	16	1563	35	1	0	0	1	0	Pastagem
4	32	10000		8	1250	0	0	1	0	1	0	Pastagem
5	32	50000	1200	20	2500	60	1	0	0	1	0	Forragem
5	53	9000		3	3000	0	0	1	0	1	0	Pastagem
5	53	16000	200	5	3200	40	1	0	0	1	0	Forragem
5	53	45000		15	3000	0	0	1	0	1	0	Pastagem
1	42	25000		6	4167	0	0	1	0	1	1	Horticultura
1	42	16000		4	4000	0	0	1	0	1	1	Pastagem
2	42	36000		12	3000	0	0	1	0	1	0	Pastagem
4	42	20000	400	10	2000	40	1	0	0	1	0	Pastagem
4	42	21600		12	1800	0	0	1	0	1	0	Pastagem
5	42	35000	450	8	4375	56	1	0	0	1	1	Forragem
5	27	20000	250	5	4000	50	1	0	0	1	1	Forragem
5	27	35000		9	3889	0	0	1	0	1	0	Pastagem
5	27	40000	550	11	3636	50	1	0	0	1	0	Forragem
5	27	7000	100	2	3500	50	1	0	0	1	0	Forragem
5	27	60000	700	16	3750	44	1	0	0	1	0	Pastagem
4	50	40000		40	1000	0	0	1	0	0	0	Pastagem
4	50	30000		25	1200	0	0	1	0	1	0	Pastagem
4	50	35000	950	30	1167	32	1	0	0	1	0	Pastagem

Classe	Zona	Preço Total	Renda Total	Área (ha)	Preço (ha)	Renda (ha)	Rendimento	Agricultor Proprietário	Proprietário	Estrada	Urb	Ocupação
4	47	15000	300	10	1500	30	1	0	0	1	0	Pastagem
4	47	12250		7	1750	0	0	1	0	1	0	Pastagem
4	47	24000	420	12	2000	35	1	0	0	1	0	Pastagem
8	47	10000		35	285,71429	0	0	0	1	0	0	Floresta
4	15	120000		40	3000	0	0	1	0	1	0	Pastagem
4	15	42000		13	3231	0	0	1	0	1	0	Pastagem
1	40	84000	1200	20	4200	60	1	0	0	1	0	Forragem
1	40	70000		17	4118	0	0	1	0	1	0	Forragem
1	51	55000	700	10	5500	70	1	0	0	1	0	Forragem
1	51	150000		32	4688	0	1	0	0	1	0	Pastagem
1	51	50000		10	5000	0	0	1	0	1	0	Pastagem
1	51	450000		70	6429	0	0	1	0	1	0	Pastagem
1	51	60000		11	5455	0	0	1	0	1	0	Forragem
1	51	70000	900	12	5833	75	1	0	0	1	0	Forragem
1	51	75000	1000	14	5357	71	1	0	0	1	0	Pastagem
1	51	100000	1300	20	5000	65	1	0	0	1	0	Pastagem
1	51	200000		40	5000	0	0	1	0	1	0	Forragem
1	51	95000	1150	17	5588	68	1	0	0	1	0	Pastagem
1	51	40000	520	8	5000	65	1	0	0	1	0	Forragem
1	51	90000	1250	18	5000	69	1	0	0	1	0	Pastagem
4	51	50000	660	11	4545	60	1	0	0	1	0	Pastagem
1	44	14000	200	5	2800	40	1	0	0	1	0	Forragem
1	44	20000		6	3333	0	0	1	0	1	0	Pastagem
2	44	30000		7	4286	0	0	1	0	1	1	Pastagem
2	44	100000	1320	22	4545	60	1	0	0	1	0	Forragem
2	44	36000		8	4500	0	0	1	0	1	0	Pastagem
2	44	65000	850	14	4643	61	1	0	0	1	0	Pastagem
4	44	70000	935	17	4118	55	1	0	0	1	0	Pastagem
5	44	22000	320	8	2750	40	1	0	0	1	1	Forragem
5	44	6500		2	3250	0	0	1	0	1	1	Forragem
5	44	6000		4	1500	0	0	1	0	1	0	Pastagem
5	44	12000	450	12	1000	38	1	0	0	1	0	Forragem
2	33	175000		35	5000	0	0	1	0	1	0	Forragem
2	33	240000		60			0	1	0	1	0	Pastagem
4	33	18500	600	17	1088	35	1	0	0	1	0	Pastagem
2	6	14000		11	1273	0	0	1	0	1	1	Pastagem
2	6	5000		4	1250	0	0	1	0	1	1	Forragem
2	6	9500		8	1188	0	0	1	0	1	1	Pastagem
4	6	12000	360	12	1000	30	1	0	0	1	0	Pastagem
4	6	5000		6,5	769	0	0	1	0	1	0	Pastagem
4	6	10000	300	10	1000	30	1	0	0	1	0	Pastagem
4	25	30000		15	2000	0	0	1	0	1	0	Pastagem
4	25	20000	280	8	2500	35	1	0	0	1	0	Pastagem
4	25	25000	420	12	2083	35	1	0	0	1	0	Pastagem
4	25	30000		10	3000	0	0	1	0	1	0	Pastagem
8	25	1500		6	250	0	0	1	0	0	0	Floresta
2	49	15000	200	4	3750	50	1	0	0	1	0	Forragem
2	49	45000		11	4091	0	0	1	0	1	0	Forragem
2	49	40000		1	40000	0	0	1	0	1	0	Pastagem
2	49	52000	540	12	4333	45	1	0	0	1	0	Pastagem
2	49	50000		13	3846	0	0	1	0	1	0	Pastagem
4	49	30000		11	2727	0	0	1	0	1	0	Pastagem
4	49	25000	400	10	2500	40	1	0	0	1	0	Pastagem
4	49	15000	350	1	15000	350	1	0	0	1	0	Pastagem
4	49	9000		7	1286	0	0	1	0	1	0	Pastagem
4	49	20000	490	13	1538	38	1	0	0	1	0	Pastagem
2	52	50000	600	10	5000	60	1	0	0	1	0	Pastagem
2	52	75000	1000	15	5000	67	1	0	0	1	0	Pastagem
2	52	95000		20	4750	0	0	1	0	1	0	Pastagem
2	52	32000	450	8	4000	56,25	1	0	0	1	0	Pastagem
4	52	35000	400	10	3500	40	1	0	0	1	0	Pastagem
4	52	40000	450	15	2667	30	1	0	0	0	0	Pastagem
4	52	80000	850	27	2963	31	1	0	0	0	0	Pastagem
4	52	9000	150	3	3000	50	1	0	0	1	0	Pastagem
8	52	2500		12	208	0	0	1	0	0	0	Floresta

Classe	Zona	Preço Total	Renda Total	Área (ha)	Preço (ha)	Renda (ha)	Rendimento	Agricultor Proprietário	Proprietário	Estrada	Urb	Ocupação
9	52	1500		9	167	0	0	1	0	0	0	Mato
1	41	9000		2,5	3600	0	0	1	0	1	1	Horticultura
1	41	30000		8	3750	0	0	1	0	1	0	Forragem
2	41	13500	200	3,5	3857	57	1	0	0	1	1	Forragem
2	41	12000		4	3000	0	0	1	0	1	0	Pastagem
3	41	20000	360	9	2222	40	1	0	0	1	0	Pastagem
4	41	30000		12	2500		0	1	0	1	0	Pastagem
1	21	20000	250	5	4000	50	0	0	1	1	0	Pastagem
1	21	35000	300	6	5833	50	0	1	0	1	1	Forragem
1	21	50000	800	15	3333	53	1	0	0	1	0	Pastagem
1	21	15000		4	3750	0	0	1	0	1	0	Pastagem
2	21	25000		12	2083	0	0	1	0	0	0	Pastagem
2	21	40000	700	20	2000	35	1	0	0	0	0	Pastagem
2	21	25000	350	8,5	2941	41	0	1	0	1	0	Pastagem
2	21	40000	550	14	2857	39	0	0	1	1	0	Pastagem
4	21	12500	200	4	3125	50	0	1	0	1	0	Pastagem
4	21	35000	450	10	3500	45	1	0	0	1	0	Pastagem
5	21	65000		20	3250	0	0	1	0	1	0	Pastagem
5	21	40000	600	11	3636	55	1	0	0	1	0	Pastagem
5	21	12500	100	1,5	8333	67	0	0	1	1	1	Forragem
5	21	25000	360	6	4167	60	1	0	0	1	1	Pastagem
4	48	20000	300	8	2500	37,5	1	0	0	1	0	Pastagem
4	48	42000	600	15	2800	40	1	0	0	1	0	Pastagem
4	48	110000		42	2619	0	0	1	0	1	0	Pastagem
1	24	12500		2	6250	0	0	1	0	1	1	Hortícola
1	24	10000		1,5	6667	0	0	1	0	1	1	Hortícola
2	24	10000	160	3	3333	53	1	0	0	1	0	Pastagem
2	24	25000	250	5	5000	50	1	0	0	1	1	Pastagem
2	24	48000		12	4000	0	0	1	0	1	0	Pastagem
2	24	50000	700	12	4167	58	1	0	0	1	0	Pastagem
4	24	40000	500	11	3636	45	1	0	0	1	1	Pastagem
4	24	30000		8	3750	0	0	1	0	1	0	Pastagem
4	24	42000	550	12	3500	46	0	0	1	1	0	Pastagem
4	24	25000	280	7	3571	40	1	0	0	1	0	Pastagem
4	36	6000	175	5	1200	35	1	0	0	1	0	Pastagem
2	11	35000		10	3500	0	0	1	0	1	0	Pastagem
2	11	50000	500	14	3571	36	1	0	0	1	0	Pastagem
4	11	45000		15	3000	0	0	1	0	1	0	Pastagem
4	11	100000		35	2857	0	0	1	0	1	0	Pastagem
4	11	30000	400	10	3000	40	1	0	0	1	0	Pastagem