
MODELO DE INTERACÇÃO ESPACIAL DE OCUPAÇÃO DO USO DO SOLO “APLICAÇÃO À ILHA DE SÃO JORGE DESDE O SÉC. XVI AO SÉC. XX”

Paulo Silveira - Departamento de Ciências Agrárias, Universidade dos Açores - E-mail: paulosilveira@uac.pt

Vanda Serpa - Departamento de Ciências Agrárias, Universidade dos Açores - E-mail: vandaserpa@gmail.com

Tomaz Dentinho - Departamento de Ciências Agrárias, Universidade dos Açores - E-mail: tomazdentinho@uac.pt

RESUMO:

Neste artigo desenvolve-se um modelo de interacção espacial com o uso do solo aplicado à Ilha de São Jorge, capaz de explicar a relação entre o Homem e o Território, desde o povoamento da Ilha até à actualidade. A aplicação do modelo implica: a) a identificação das áreas com capacidade para cada actividade e para cada zona, com base em variáveis climáticas, topografia e capacidade de uso dos solos; b) o cálculo das distâncias entre zonas; c) a determinação da produtividade do território para cada tipo de actividade (residencial/urbano, horticultura/fruticultura, agricultura, pecuária e silvicultura); d) a calibração dos parâmetros das rendas de cada zona e o atrito (provocado pela distância) específico aos movimentos residência emprego e residência serviços para cada tipo de actividade. De acordo com os resultados não só é possível explicar a evolução do uso do solo na Ilha de São Jorge desde o século XVI até ao século XX como também entender a interacção entre os factores ambientais, económicos, agrónómicos e políticos que afectam o uso do solo.

Palavras-chave: Modelo de Interacção Espacial, Uso do Solo, SIG.

Códigos JEL: R11, R12, R14

ABSTRACT:

This article develops a spatial interaction model with land use of São Jorge island, suitable to explain the relations between men and the territory. The application of the model implies: a) the identification of the areas of aptitude for each one of the activities taking into account data on climate, soil and topography; b) the estimation of the distances between the various zones; c) the calculation of men and land productivity for each activity (residential/urban, horticulture, agriculture, animal production; and forestry) d) the calibration of the bid rents for each zone and the estimation of the distance attrition parameter for each activity. Results show not only a suitable explanation for the evolution of land use in São Jorge along various centuries but also a better understanding the interaction of environmental, economic, agronomic and political factors that influence land use.

Key Words: Spatial Interaction Model, Land use, SIG.

JEL codes: R11, R12, R14

1. INTRODUÇÃO

Neste artigo utiliza-se um modelo de interacção espacial com o uso do solo, capaz de perceber a interacção entre a economia e o território, tentando relacionar os factores ambientais, tecnológicos, económicos e reguladores que condicionam o uso do solo. As variáveis exógenas do modelo são o emprego básico das diversas actividades para as várias zonas do território. Os dados do modelo são as acessibilidades entre zonas, as aptidões do território para as diferentes actividades, as produtividades do trabalho e da terra para as diferentes actividades e o consumo *per capita* para cada actividade.

Neste artigo expande-se a utilização de um modelo desenvolvido anteriormente para a Ilha do Corvo (Gonçalves e Dentinho, 2007) com a introdução de novas acessibilidades e condicionamentos à urbanização, e tenta-se perceber como esses factores condicionaram o desenvolvimento da estrutura urbana e a ocupação do território. Analisa-se a evolução do uso do solo na ilha de São Jorge desde o século XVI até ao século XX focando a tipologia das estruturas urbanas do principal centro urbano tendo em atenção as alterações do emprego básico ao longo dos séculos, a modificação dos parâmetros

de atrito, a alteração dos coeficientes técnicos e as variações na superfície do território disponíveis para as diferentes actividades.

No ponto 2 apresentam-se os dados históricos da Ilha de São Jorge mais relevantes para a análise, no ponto 3 expõe-se o modelo, no ponto 4 procede-se à recolha e tratamento dos dados e apresentam-se as simulações do modelo para os vários séculos tanto para a Ilha de São Jorge, como para a zona de Velas que se deseja analisar com mais pormenor. No ponto 5 apresentam-se as conclusões principais do exercício.

2. A ILHA DE SÃO JORGE

A Ilha de São Jorge é caracterizada morfologicamente por uma cordilheira central (Figura 1). O seu planalto central, bordejado por arribas longas e declivosas, tem altitudes médias de 700 m e culmina aos 1053 m de altitude no Pico da Esperança (Madeira, 1998). Segundo a classificação de Thornthwaite, o clima de S. Jorge é do tipo húmido (B1 a B4) e super húmido (A), desenvolvendo-se diferentes zonas climáticas, geralmente, em faixas paralelas à costa e acompanhando o relevo.

FIGURA 1

Modelo digital de terreno para a Ilha de São Jorge (Fonte: IGeoE).



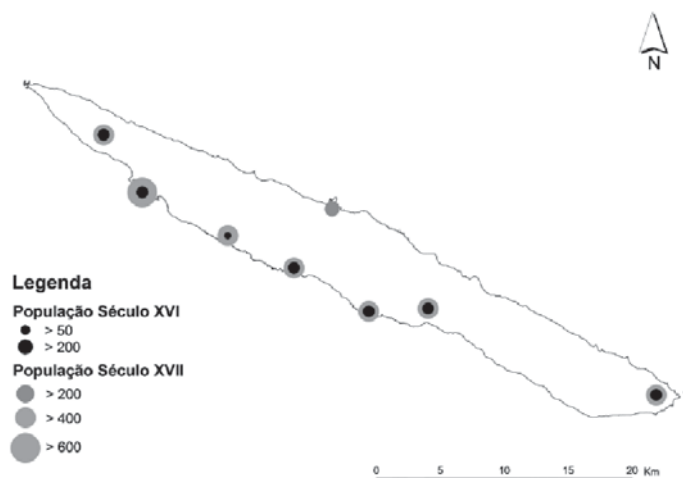
Do ponto de vista demográfico o descobrimento e povoamento da Ilha de São Jorge data de 1439. Sabe-se que, por volta de 1470 já existiam pequenos núcleos de colonos, nas costas Oeste e Sul (Cunha, 1981; Pereira, 1987). A povoação de Velas recebeu foral de vila antes do final do século. XV. O Topo era sede de concelho em 1510 e a Calheta em 1534, e muitas outras povoações (Rosais, Urzelina, Manadas e Ribeira Seca) já estavam referenciadas no século XVI crescendo significativamente no século seguinte ao mesmo tempo que começava a ser ocupada a zona norte da ilha (Figura 2). Estes dados demográficos demonstram a vitalidade de uma economia animada pelos vários ciclos de exportações agrícolas (pastel, cereais, laranja e lacticínios) ou de transferências privadas (remessas de emigrantes) e públicas. Na verdade, apesar do isolamento relativo, dos ataques de corsários ingleses, franceses, argelinos, e de outras calamidades que afligiam as populações, como os maus anos de colheita, os sismos e as erupções vulcânicas, a população no século XVI estimava-se em cerca de 2000 habitantes, crescendo de tal forma que no século XIX atingia valores muito próximos dos 20 000 habitantes, baixando no fim do século XX para menos de 10 000 habitantes.

Actualmente as principais actividades básicas exportadoras da ilha estão associadas às cadeias de valor dos lacticínios, da pesca, do turismo e também as que se sustentam nas transferências provenientes do orçamento comunitário, nacional ou regional, líquidas dos impostos pagos pelos contribuintes de São Jorge.

3. O MODELO DE INTERACÇÃO ESPACIAL COM USO DO SOLO

O modelo de interacção espacial fundamenta-se no modelo da base (Costa *et al.*, 2002) que, por sua vez, é uma modificação do modelo keynesiano de procura real, em que o emprego total equivale ao rendimento (Y), ($E_t \Leftrightarrow Y$), o emprego básico equivale às exportações (E), ($E_b \Leftrightarrow E$) e o emprego não básico equivale ao consumo (C), ao investimento (I) e aos gastos do estado (G) líquidos das importações (M), ($E_n \Leftrightarrow C+I+G-M$). No modelo da base admite-se que existe uma relação fixa (s_k) entre a População (P) e o Emprego Não Básico (E_{kn}) por tipo de actividade (k) ($P/E_{kn} = s_k$) e assume-se

FIGURA 2
Número de casais nos núcleos populacionais da Ilha de São Jorge em meados do séc. XVI e em finais do séc. XVII (adaptado de Pereira, 1995).



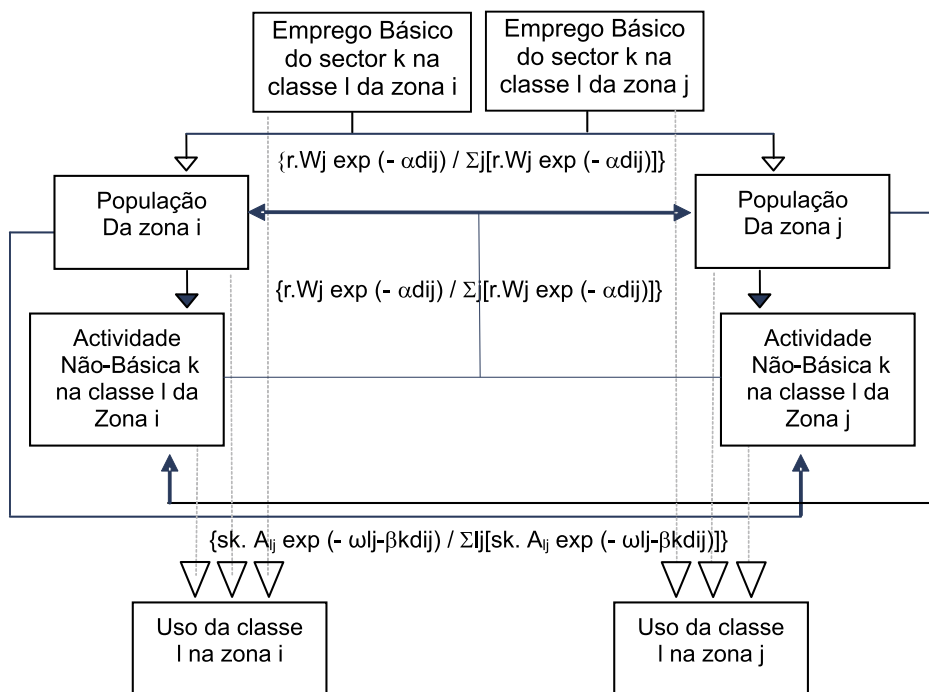
que a relação entre População (P) e Emprego Total (Et) se mantém constante ($P/Et = r$). Considerando que o emprego total é a soma dos empregos básicos e não básicos para os vários sectores de actividade ($Et = \sum_k E_{kn} + \sum_k E_{kb}$) é fácil calcular o multiplicador de rendimento keynesiano que relaciona o emprego total (Et) e a população (P) com o emprego básico ($Et = \{1 / [1 - r \sum_k s_k] (\sum_k E_{kb})\}$; $P = \{r / [1 - r \sum_k s_k] (\sum_k E_{kb})\}$).

O modelo de interacção espacial, acrescenta em relação ao modelo da base, o facto de admitir que o emprego e a população residente estão localizados em várias zonas da região em estudo havendo movimentos emprego-residência e residência-serviços (e empregos a ele associados) explicáveis por fórmulas gravitacionais (Batty, 1978). O modelo distribui residentes em torno dos locais de emprego e serviços em torno de residentes, tendo em conta

as distâncias e as respectivas atractividades. O equilíbrio entre a procura e oferta de espaço é feito pela calibração das atractividades de cada local e aptidão. Estas atractividades estão fortemente relacionadas com as rendas-sombra desses mesmos locais e aptidões.

A Figura 3 explica o funcionamento do modelo de interacção espacial. O termo emprego básico está relacionado com o emprego ligado a mercados ou instituições externas à Ilha. O emprego não-básico está relacionado com a população residente. Numa primeira instância é possível estimar a população de diferentes zonas que dependem da actividade básica (exportações e ajudas externas) de várias zonas, multiplicando a sua quantidade pela proporção de dependentes da actividade na zona i, que vivem na zona j.

FIGURA 3
 Modelo de interacção espacial com padrões de uso do solo



Num segundo passo, a população existente em cada área i , induz o desenvolvimento de actividades não básicas nas diferentes zonas Equação (7). Num terceiro passo, a actividade não básica nas várias zonas é associada a uma maior população dependente ao longo das várias zonas Equação (5). Os segundo e terceiro passos são repetidos iterativamente até o emprego total e a população total resultantes do modelo, convergirem para os níveis consistentes de população total e emprego actuais. As variáveis endógenas (P_i, E_{kj}) podem ser obtidas a partir das variáveis exógenas do emprego básico (E_{ik}) através do uso das matrizes $[A]$ e $[B]$.

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

$$[P_i] = \{I - [A] [B]\}^{-1} [Eb_{ik}] [A] \quad (2)$$

Onde:

$$[A] = [\{r \cdot W_j \exp(-\alpha d_{ij}) / \sum_j [r \cdot W_j \exp(-\alpha d_{ij})]\}] \quad (3)$$

$$[B] = [\{s_k \cdot A_{lj} \exp(-\omega_j - \beta_k d_{ij}) / \sum_{lj} [s_k \cdot A_{lj} \exp(-\omega_j - \beta_k d_{ij})]\}] \quad (4)$$

A estrutura geral do sistema pode ser representada de uma forma simples, por um modelo com três blocos inter-relacionados, Figura (3):

- O sistema económico externo, que integra as exportações e o mercado mundial – o motor das pequenas economias (Dommen & Hein, 1885);

- O sistema económico interno, que descreve as relações entre as exigências locais e as várias actividades, que cumprem essas exigências: uso urbano, turístico, hortícola/frutícola, agrícola, agropecuário e silvícola;

- O terceiro bloco foca o uso dos recursos naturais, ou zonas, cruciais para analisar a sustentabilidade de todo o sistema.

O modelo é constituído pelas equações (5) - (8). A população que vive em cada zona é dependente do emprego básico e não básico dos vários sectores, que é estabelecido em todas as outras zonas:

$$T_{(ikl)j} = E_{ikl} \{r \cdot W_j \exp(-\alpha d_{ij}) / \sum_j [r \cdot W_j \exp(-\alpha d_{ij})]\} \quad (5)$$

Para todas as actividades k nas classes de solo l das zonas i , e

$$P_j = \sum_{ikl} T_{(ikl)j} \quad (6)$$

Onde:

$T_{(ikl)j}$ é a população que vive em j e depende da actividade k na classe de solo l da zona i ;

E_{ikl} é o emprego do sector k na classe de solo l da zona i ;

r é o inverso da taxa de actividade;

W_j é a atractividade residencial j que varia entre 0 e 1;

α parâmetro que traduz o atrito produzido pela distância;

d_{ij} distância entre i e j e

P_j são todos os residentes em j .

Por outro lado as actividades geradas em cada zona servem a população que vive em todas as outras zonas dentro de uma escala de serviço:

$$S_{i(jkl)} = P_i \{s_k \cdot V_{lj} A_{lj} \exp(-\beta_k d_{ij}) / \sum_{lj} [s_k \cdot V_{lj} \exp(-\beta_k d_{ij})]\} \quad (7)$$

Para todas as actividades k na classe de solo l da zona j, e

$$E_{jkl} = \sum_i S_{i(jkl)} \quad (8)$$

Onde:

$S_{i(jkl)}$ é a actividade gerada no sector k na classe de solo l da zona j que serve a população na zona i;

V_{ij} é a atractividade dos serviços da classe de solo l na zona j;

A_{ij} é a área da classe de solo l na zona j;

s_k é a relação de emprego não-básico da actividade k sobre a população;

β_k parâmetro que define o atrito produzido pela distância para as pessoas que procuram os serviços das actividades do sector k;

d_{ij} é a distância entre i e j;

3.1 CALIBRAÇÃO DE PARÂMETROS

O parâmetro α é calibrado de modo que o custo médio de residência-emprego do modelo seja semelhante ao custo médio verificado na realidade.

Custo médio estimado residência

$$\text{emprego} = (\sum_{iklj} T_{iklj} d_{ij}) / (\sum_{iklj} T_{iklj}) = \text{custo médio verificado}$$

Do mesmo modo, os parâmetros β_k são calibrados seguindo a mesma lógica do anterior, assegurando que o custo médio para a população do serviço k é muito semelhante ao custo médio actual.

Custo médio estimado residência

$$\text{comércio} = (\sum_{iklj} S_{iklj} d_{ij}) / (\sum_{iklj} S_{iklj}) = \text{custo médio verificado}$$

Contudo, existem restrições espaciais que têm de ser cumpridas. A área ocupada pelas diferentes actividades (basica, não-básica e residencial) em cada zona l, e para cada classe de solo l, não deve exceder a área total da A_{il} [Equação. (9)].

$$\sum_k [\sigma_k S_{ilk}] + \rho P_{il} + \sum_k [\sigma_k E_{b_{ilk}}] \leq A_{il} \quad (\text{para todas as classes l e zonas i}) \quad (9)$$

Onde:

σ_k é a area ocupada por um emprego no sector k;

ρ é a área ocupada por um residente;

A_{il} é a área diponível para a classe l na zona i.

É importante salientar que, para a Equação (9), diferentes tipos de usos k competem por cada classe l na zona i. Para resolver esta questão, as atractividades das classes de solo l na zona j (V_{ij}) têm que ser calibradas garantindo que as condições da Equação (12) são cumpridas. Neste trabalho é aplicado uma calibração iterativa (V_{ij}) de acordo com a expressão (10).

$$V_{ij}^{q+1} = 1 / [1 + \exp(-\theta \{\delta_q + \delta_{q-1}\})] \quad (10)$$

Onde $\delta_q = \{\sum_k [\sigma_k S_{ilk}] + \rho P_{il} + \sum_k [\sigma_k E_{b_{ilk}}] - A_{il}\}$ para cada interacção q; θ = parâmetro que controla o ritmo do processo de calibração.

No processo de calibração, os valores de partida assumidos são o emprego básico e as áreas disponíveis para cada sector. O número de iterações varia normalmente entre 10 a 15 até se atingir valores estáveis de população e de áreas ocupadas.

O processo de calibração V_{ij} termina quando o uso do solo para cada classe de solo l na zona i não excede o valor da área disponível A_{ij} . De notar que o processo de calibração dos V_{ij} termina quando o uso de solo de cada classe l na zona i não excede o montante de área disponível A_{ij} . Sendo assim a atractividade calibrada de cada classe de solo l para cada zona i pode ser interpretada como bid-rents associadas a cada classe de solo em cada zona (ω_{ij}). De facto, se assumirmos a expressão (11)

$$\omega_{ij} = \ln (1/ V_{ij}) \quad (11)$$

Então a expressão (3) toma a forma

$$S_{i(jkl)} = P_i \{s_k \cdot \exp (-\omega_{ij} - \beta_k d_{ij}) / \sum_{lj} [s_k \cdot \exp (-\omega_{ij} - \beta_k d_{ij})]\} \quad (12)$$

Onde as bid-rents ω_{ij} são complementares dos custos de transporte como é expectável nos modelos espaciais de equilíbrio.

A atractividade residencial é definida por zonas ao passo que as atractividades de serviços são estabelecidas por zona e por classe de solo. Sendo que no presente modelo, assumimos que a atractividade residencial para diferentes zonas têm um factor (κ) de máximo e mínimo de cada zona para as diferentes classes (11).

$$W_j = \kappa \text{Max}_i(V_{ij}) + (1 - \kappa) \text{Min}_i(V_{ij}) \quad (13)$$

Onde κ varia entre zero e um.

4. RECOLHA E TRATAMENTO DOS DADOS

4.1 DETERMINAÇÃO DE ÁREAS DE APTIDÃO

A definição de classes de solo é um factor importante para a operacionalidade do modelo de interacção espacial com uso do solo de forma a determinar as aptidões do território para as diferentes actividades. Foram utilizados quatro classes de temperaturas médias anuais, três classes de precipitação média anual acumulada, quatro classes de capacidade do uso do solo e também quatro classes de declive do terreno. Resultaram 192 classes finais da conjugação inicial das classes que representam as condições edafoclimáticas e orográficas da ilha. Deste modo, seria necessário calibrar 192 rendas para cada zona e inverter a matriz $\{I - [A] [B]\}^{-1}$ de 4 zonas x 192 classes, tornando-se assim difícil tratar um número tão elevado de classes para o modelo de interacção espacial do uso do solo.

Deste modo transformou-se as 192 classes em apenas 14, sendo que uma delas representa no modelo o mar e as restantes abrangem todo o território. Ao contrário da primeira classificação, esta não traduz uma decomposição de factores climáticos, de relevo ou de qualidade do solo mas sim das condições induzidas por esses mesmos factores para cada actividade. O Quadro (1) apresenta as variáveis utilizadas para determinar as 192 classes iniciais, enquanto o Quadro (2) apresenta já a relação entre cada uso e as novas classes reagrupadas.

QUADRO 1
Variáveis edafoclimáticas utilizadas para a determinação das classes

Factores	Usos					
	Urbano	Turístico	Horticultura	Agricultura	Agro-Pecuária	Silvicultura
Temperatura média anual (°C)	>= 16	>= 16	>= 16	>= 10	>= 12.5	> 0
Precipitação Annual Acumulada (mm)	-	-	>= 1000	750	>= 1300	>= 750
Declive (%)	0 - 25	0 - 25	0 - 25	0 - 15	0 - 25	0 - 50
Capacidade de Usos dos Solos (I - VIII)	I - VII	I - VII	I-VI	I - IV	I - VI	I - VII

Pelo Quadro (2), a classe 1 é aquela que permite todos os usos; a classe 2 permite a agricultura, a agro-pecuária e a silvicultura; a classe 3 a horticultura/fruticultura, a agro-pecuária e a silvicultura; a classe 4 permite apenas a agro-pecuária e a silvicultura; a classe 5 permite todos os usos com excepção da agro-pecuária; a classe 6 permite a horticultura/fruticultura, a agricultura e a silvicultura; a classe 7 permite todos os usos com excepção da horticultura/fruticultura; a classe 8 permite a agricultura e a silvicultura; a classe 9 permite todos os usos excepto a agricultura e agro-pecuária; a classe 10 permite apenas a silvicultura; a classe 11 permite o uso urbano/turístico e silvicultura; a classe 12 permite apenas o uso urbano/turístico; a classe 13 não permite qualquer um dos usos considerados no modelo, e finalmente a classe 14 representa o mar.

É importante salientar que a classe 13, embora não apresente aptidão para nenhuma actividade económica incluída no modelo, noutras aplicações poderá estar relacionada com usos ambientais como por exemplo o abastecimento de água ou a conservação da natureza.

A ilha encontra-se dividida em três zonas (A, B e C), a que se junta no modelo uma terceira zona (D) que representa as relações entre a ilha e o exterior. O cálculo das distâncias dentro de cada zona é efectuado com base na Equação (13). Para a zona D, admitiu-se uma distância de 150 km, que envolve o custo de embarque e desembarque mais uma fracção da distância por mar até ao porto externo mais solicitado. A distância dentro de cada zona é metade da área do raio equivalente dessa zona.

QUADRO 2
 Relação entre as classes e os usos

Classes	Usos					
	Urbano	Turístico	Horticultura	Agricultura	Agro-Pecuária	Silvicultura
1	X	X	X	X	X	X
2	-	-	-	X	X	X
3	-	-	X	-	X	X
4	-	-	-	-	X	X
5	X	X	X	X	-	X
6	-	-	X	X	-	X
7	X	X	-	X	-	X
8	-	-	-	X	-	X
9	X	X	X	-	-	X
10	-	-	-	-	-	X
11	X	X	-	-	-	X
12	X	X	-	-	-	-
13	-	-	-	-	-	-
14	Mar	Mar	Mar	Mar	Mar	Mar

QUADRO 3
 Matriz das Distâncias entre cada uma das zonas em Km para a ilha Terceira

	Zona A	Zona B	Zona C	Zona D
Zona A	3,1	12	33	183
Zona B	12	3,1	26	176
Zona C	33	26	3,6	153,6
Zona D	183	176	153,6	0

$$d_{ii} = [(A_i/\pi)^{1/2}] / 2 \quad (13)$$

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

Utilizam-se os dados da população e das exportações para calibrar o modelo (Quadro 4). Os diferentes valores de demografia nos diferentes séculos da história da Ilha são utilizados no modelo para estimar os empregos básicos - para os sectores urbano/turístico, hortícola/frutícola, agrícola (produção de cereais), pastagem (carne e laticínios) e floresta – e para estimar a actividade não básica, para cada um dos cinco sectores em cada uma das zonas.

Em seguida, dentro de cada zona, distribui-se espacialmente as actividades, utilizando os coeficientes de atractividade de cada uma das actividades, bem como uma hierarquização relativa dos cinco sectores. Esta hierarquização assumida foi: primeiro o uso urbano, segundo o uso hortícola/frutícola, terceiro uso agrícola, depois a pastagem e finalmente o uso florestal.

As estimativas da distância calculadas para os parâmetros α e β_k , são obtidas por dados trabalho - residência disponíveis em Dentinho, 1994.

Os coeficientes (S_k) e o inverso da taxa da actividade ($r = \text{população/emprego total}$) são derivados das estatísticas oficiais da Ilha de São Jorge relativamente ao ano 2001. A fórmula geral utilizada expressa do seguinte modo.

$$S_k = \text{Emprego no sector } k / \text{População}$$

$$S_k = \rho \times (\sigma / \tau)$$

Onde:

$$\sigma_k = \text{Emprego}_k / \text{Hectare}_k;$$

$$\tau_k = \text{Produção}_k / \text{Emprego}_k;$$

$$\rho_k = \text{Consumo}_k / \text{Pessoa}$$

QUADRO 4

Dados históricos sobre população, áreas de produções (ha) e exportações (kg/ano), séculos XVI – XX.

Século	Séc. XVI	Séc. XVII	Séc. XVIII	Séc. XIX	Séc. XX	
População (Nº de habitantes)	2443	4328	11112	18272	10219	
Laranja	Área de Produção (ha)	-	-	916	80	
	Exportação (kg/ano)	-	-	-	-	
Trigo	Área de Produção (ha)	750	1125	1133	1500	10
	Exportação (kg/ano)	756701	-	-	231000	-
Madeira	Área de Produção (ha)	-	-	-	132	1159
	Exportação (kg/ano)	-	-	-	-	-
Agro-Pecuária	Área de Produção (ha)	-	-	-	2400	10538
	Exportação (kg/ano)	264000	-	-	-	1241550

Assume-se que todos estes parâmetros são estáveis em todos os séculos o que, implicitamente significa que a produtividade do homem e da terra não se alterou substancialmente desde o século XVI até ao século XX. É verdade que as produtividades no final do século XX subiram muito mas o resultado dessa alteração no factor S_k influencia apenas a produtividade por hectare que, no caso da produção agropecuária de altitude para São Jorge não terá tido grandes variações. Quanto aos restantes usos do solo os aumentos de produtividade terão sido menos significativos pois, no caso de São Jorge, são essencialmente culturas de auto abastecimento.

A aptidão urbana (Figura 4) foi determinada através da análise de três parâmetros relativos ao território: declive, temperatura e humidade (Gonçalves e Dentinho, 2007). As classes de declive superiores a 25% são consideradas não aptas à construção. As zonas cujas temperaturas médias anuais são inferiores a 13°C e a humidade média anual é superior a 95% também foram consideradas inaptas.

Porque os factores climáticos afectam os níveis de conforto, o uso urbano obtém maior concentração no lado Sul da Ilha, nos locais de menor altitude, nomeadamente junto à costa.

A análise da atractividade hortícola/frutícola considerou-se apenas a produção de laranja (Gonçalves e Medeiros, 2005). Segundo Morin (1985) as exigências climatológicas desta cultura estão relacionadas com o somatório de temperatura acumulado ao longo do ciclo de crescimento (todo o ano), os valores de temperatura média nos meses da estação fria, a precipitação total anual e a percentagem de precipitação que ocorre nos meses de Verão (Junho, Julho e Agosto).

Deste modo, tomou-se os seguintes valores: a precipitação total anual deve estar acima dos 1250 mm/ano e a percentagem de precipitação nos meses mais quentes não inferior a 10%; a temperatura acumulada não poderá ser inferior a 2400°/dias e a temperatura média na estação mais fria (Janeiro a Março) não poderá ser inferior a 10 °C. São consideradas zonas inaptas, se o declive for superior a 15% e os solos estiverem incluídos na classe VII da carta de capacidade do uso do solo.

A Figura 5 demonstra que os locais preferencialmente aptos para a aptidão à cultura da laranja correspondem às zonas de menor altitude, com condições climáticas semelhantes a microclimas como é o

FIGURA 4
Carta de Aptidão Urbana na Ilha de São Jorge.

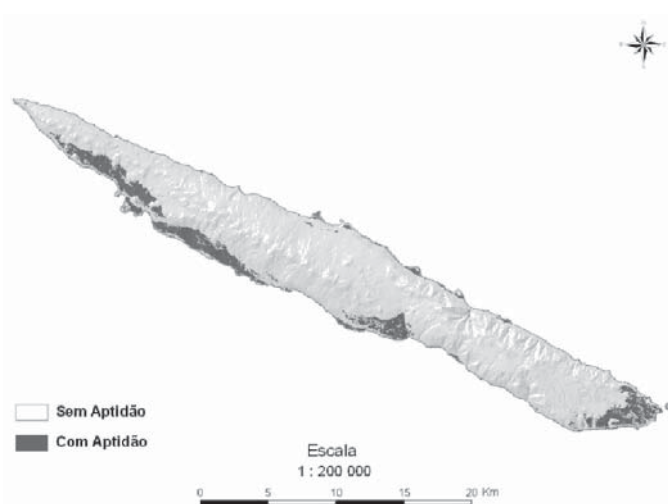
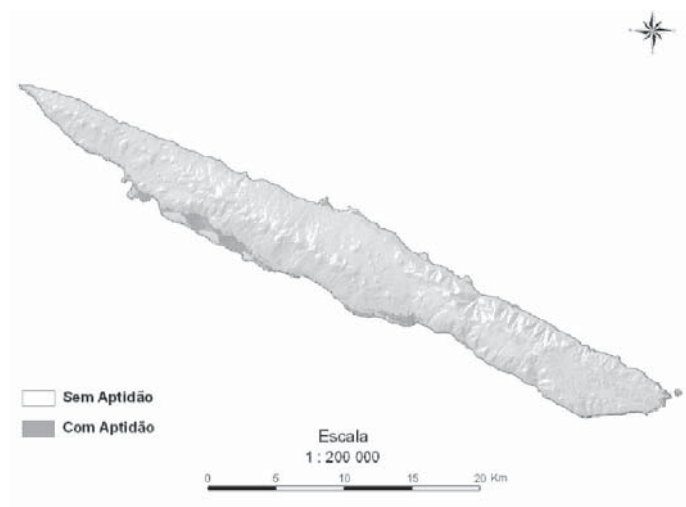


FIGURA 5
Carta de Aptidão à Horticultura na Ilha de São Jorge.



caso das Fajãs e ainda Velas, Calheta e Urzelina, onde encontramos terrenos baixos e de encosta e não expostos ao vento e ao nevoeiro.

A atractividade da aptidão agrícola foi determinada na avaliação da capacidade para as culturas cerealíferas, do trigo e do milho, com base na temperatura, capacidade de uso do solo e declive. Devido à similaridade entre as suas produções, a definição de atractividade foi igual para ambas. No que se refere às condições climáticas referentes à temperatura acumulada, mínima e máxima os limites divergem consoante a etapa de desenvolvimento da cultura. Dos valores sem aptidão foram excluídos os solos das classes V a VII, declives superiores a 15%. A temperatura deverá estar entre 1200 e os 1600 ° dias, com temperatura base de 0°C e o limite de temperatura mínima igual a 6°C (Gonçalves & Dentinho, 2005).

Verifica-se que de acordo com os critérios apresentados a classe de aptidão agrícola é reduzida, localizando-se nomeadamente nas zonas planálticas dos extremos da ilha e áreas pouco declivosas, o que se explica essencialmente devido ao acentuado relevo de São Jorge. As áreas de boa aptidão à cultura do milho são reduzidas e que correspondem, na maioria das vezes aos mesmos locais de aptidão

à cultura do trigo, uma vez que as exigências de solo para ambas as culturas são idênticas e as variáveis climáticas (temperatura e precipitação) das épocas em que ambas as culturas podem ser praticadas não são impeditivas do seu cultivo, apesar de cada uma das culturas apresentar exigências climatológicas distintas (Figura 6).

A aptidão da pastagem depende da classe do solo, do declive, da temperatura e precipitação. As áreas da classe cuja temperatura média anual é inferior a 12,5°C e a precipitação total é inferior a 1300 mm foram consideradas não aptas. Zonas cujo declive é superior a 30% e o solo pertence à classe VII foram consideradas totalmente inadequadas para esta actividade.

Praticamente todo o território está apto para a pastagem, exclui-se apenas a parte ocidental da Ilha, zonas de encosta ou de maior altitude (Figura 7).

Para determinar a aptidão do território para a floresta consideramos apenas os valores do declive e capacidade do uso do solo (Figura 8). Os territórios que apresentam valores de declive superiores a 50% assim como solos da classe VII, são considerados não aptos e correspondem aos locais de maior altitude (Pico da Esperança e Carvão), bem como as escarpas da Ilha.



FIGURA 6
Carta de Aptidão Agrícola na Ilha de São Jorge.

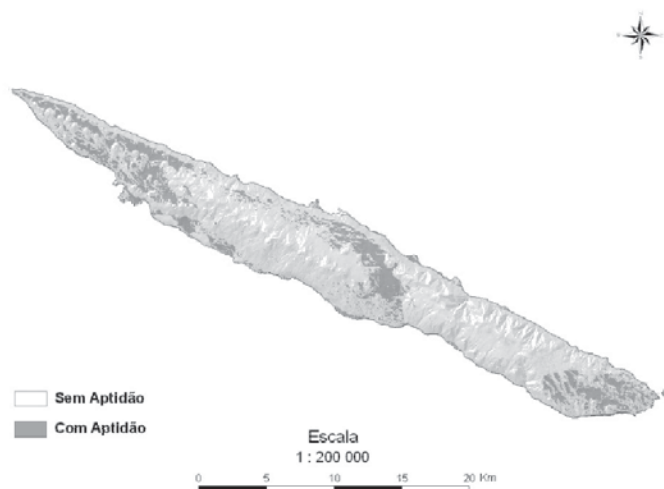


FIGURA 7
Carta de Aptidão para a Pastagem na Ilha de São Jorge

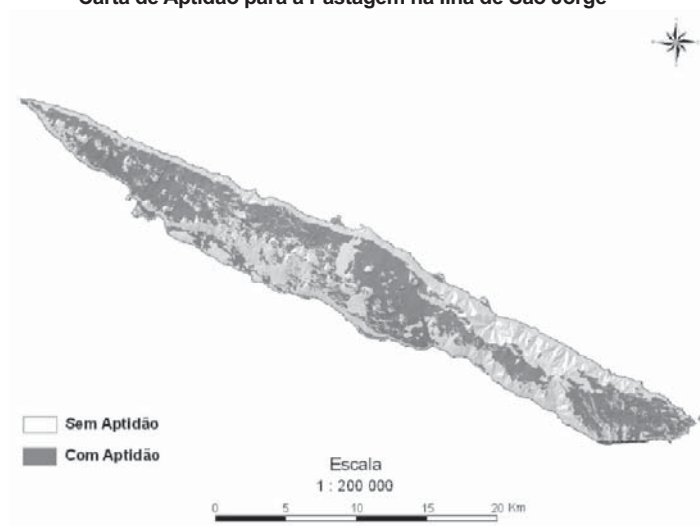


FIGURA 8
Carta de Aptidão Agrícola na Ilha de São Jorge



4.2 SIMULAÇÕES DO MODELO

A Figura 9 ilustra o resultado da primeira simulação, efectuada para o século XVI, quando a população de São Jorge era de 2443 habitantes.

A maior parte da área da Ilha era ocupada por floresta (48,10%). A população, devido a manifestas influências e condicionalismos climáticos e geográficos, fixa-se nas costas sul preferencialmente. A exploração do território estava concentrada junto a esses núcleos habitacionais das Velas que mais tarde se estendeu para Rosais e Manadas, Topo, Calheta e Ribeira Seca (Mendonça, 1998). As excepções encontram-se nos casos em que as planícies e as terras férteis se encontram na costa norte (Fajãs, Toledo, Santo António e Norte Grande). É notória a ocupação das fajãs desde do início do povoamento, como é indicado nas fontes bibliográficas, com vista à ocupação das áreas planas. A área ocupada pelos cereais é muito superior à área ocupada pela pastagem, pois a

dieta alimentar era constituída essencialmente pelos farináceos (Avellar, 1902). Infelizmente não existem dados suficientes relativamente ao uso do solo aquando o povoamento.

A segunda simulação corresponde ao século XVII (Figura 10) demonstra um declínio da cultura do trigo em relação ao crescimento da população, explicado pela introdução da cultura do pastel, o que levou à carência do cereal neste século, que possivelmente foi combatida pelo aumento da produção pecuária (Mendonça, 1998). Verifica-se ainda um aumento da exploração do território na costa Sul da Ilha, nomeadamente devido ao crescimento populacional na região da Urzelina, que neste século foi elevada a paróquia (Pereira, 1995).

Em relação à simulação referente ao século XVIII (Figura 11), observa-se uma maior especialização produtiva na agro-pecuária, nomeadamente com a introdução do milho que vai superar a cultura do

FIGURA 9

Carta de Ocupação do solo estimada para o Século XVI para a Ilha de São Jorge.

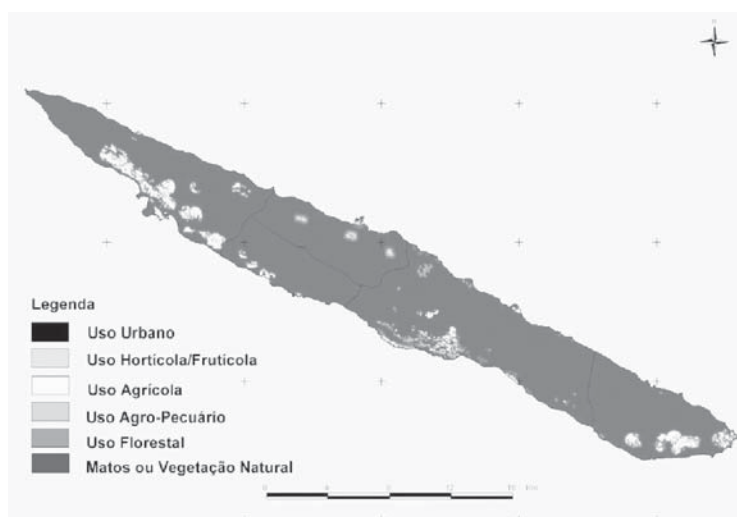




FIGURA 10

Carta de Ocupação do território estimada para o Século XVII para a Ilha de São Jorge.

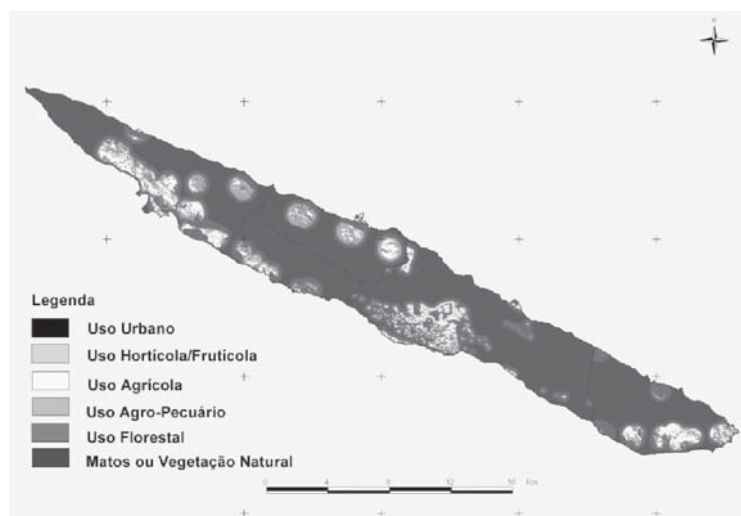
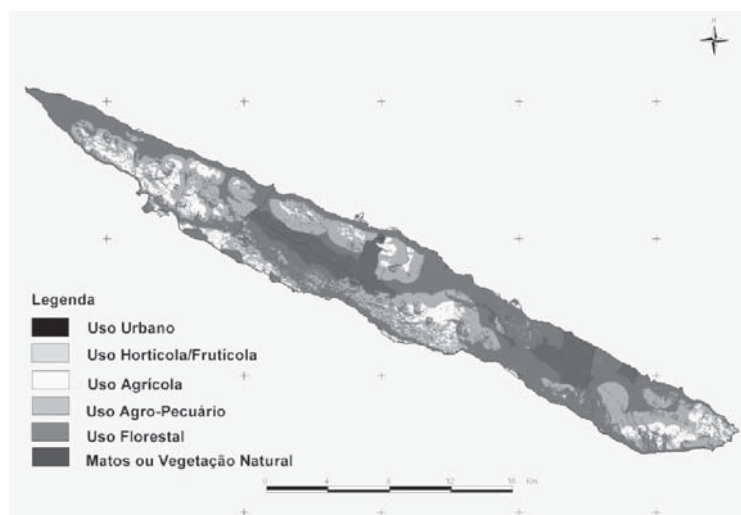


FIGURA 11

Carta de Ocupação do território estimada para o Século XVIII para a Ilha de São Jorge.



trigo (Mendonça, 1998). A área de floresta diminui significativamente, sendo ocupada gradualmente por pastagens devido ao aumento da exportação no sector pecuário (Cordeyro, 1981).

A quarta simulação (Figura 12) corresponde ao máximo de população entre o início do povoamento e a actualidade, em que a população da ilha atingiu

os 18272 habitantes. Verifica-se um aumento considerável da cultura dos cereais, nomeadamente nas regiões mais ocidentais e orientais da ilha, devido às características do solo e do clima, que levou à exportação do trigo para o Reino e do milho para outras ilhas (Avellar, 1902). Contudo o que mais se reflecte nesta simulação são as áreas ocupadas com a cultura da laranja, nomeadamente: Vila das Velas,

Urzelina, Calheta e Boa-Hora. Paralelamente a esta cultura, existia uma procura de madeira, que seria utilizada no fabrico das caixas que conduziam a fruta para o mercado exterior.

A introdução de instalações para o fabrico dos subprodutos do leite mantém a ocupação da área das pastagens, e aumenta a exportação dos derivados.

A última simulação (Figura 13) pretende ilustrar o uso do solo para o século XX, onde se registou um decréscimo populacional considerável devido à emigração. Observa-se uma grande extensão de pastagens, devido ao aumento do número dos bovídeos, sendo neste século a mais-valia da economia da Ilha de São Jorge. Estas pastagens vão ocupar as áreas que antes produziam o trigo e o milho, o que leva em contrapartida ao aumento da importação desses cereais.

FIGURA 1 2

Carta de Ocupação do território estimada para o Século XIX para a Ilha de São Jorge

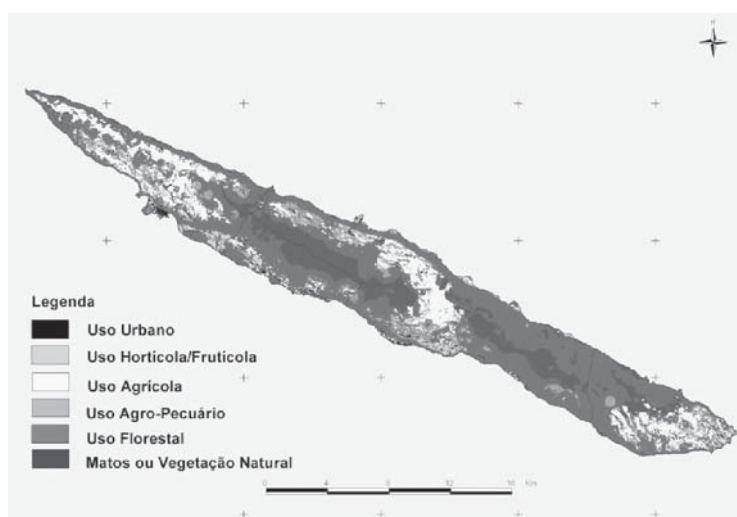
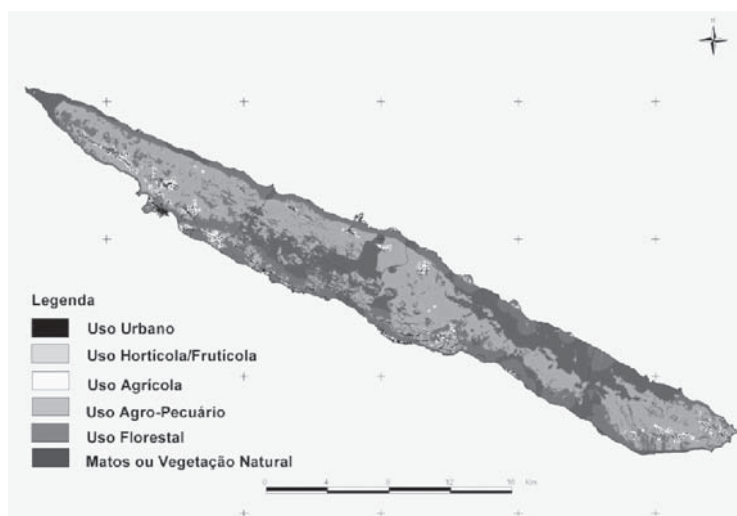


FIGURA 1 3

Carta de Ocupação do território estimada para o Século XX para a Ilha de São Jorge.



Ocorre uma redução drástica na área que antes era ocupada pela cultura da laranja, devido à praga que arruinou um grande número de quintas e à concorrência nas vendas com outros países (Mendonça, 1998), e estas regiões são agora ocupadas por lenhas.

Se tivermos em conta a carta de ocupação do território estimada para o Século XX (Figura 13) e a ocupação actual da Ilha de São Jorge (Figura 14) verificamos que a primeira não difere substancialmente da segunda, apesar de tratar-se

de um modelo probabilístico. O aumento que se verifica na área ocupada pela agricultura deve-se ao melhoramento da acessibilidade e pelo facto de no modelo não incluirmos o milho para silagem, mas apenas o milho grão.

A estrutura urbana adoptada nas Velas, assenta sobretudo no modelo irradiante que ao longo dos séculos (Figuras A, B, C, D, E que resultam de uma simulação do modelo de interacção espacial do uso do solo) se traduziu num aumento de complexidade da rede urbana, caracterizando-se por uma série

FIGURA 14

Carta de Ocupação do território actual da Ilha de São Jorge (adaptado do PDM do Concelho da Calheta e do Concelho das Velas).

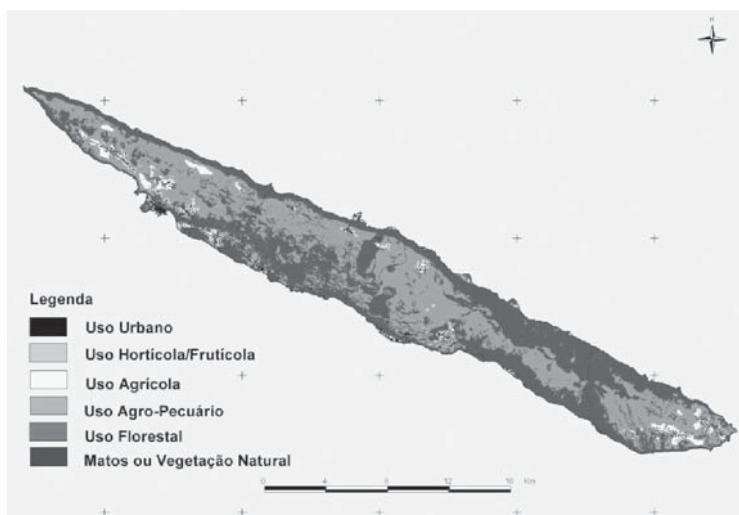


FIGURA 15

Ocupação do uso do solo para as Velas: (A) século XVI; (B) Século XVII

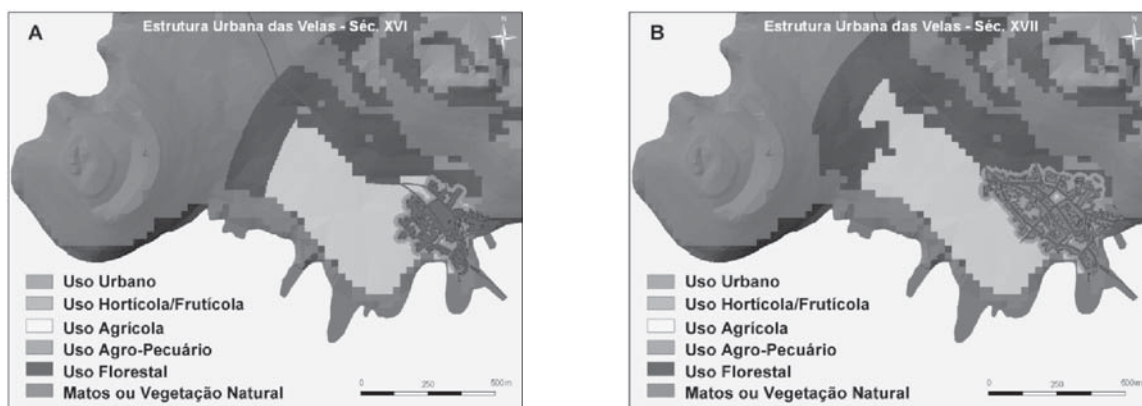


FIGURA 16
Ocupação do uso do solo para as Velas: (C) século XVII; (D) Século XIX

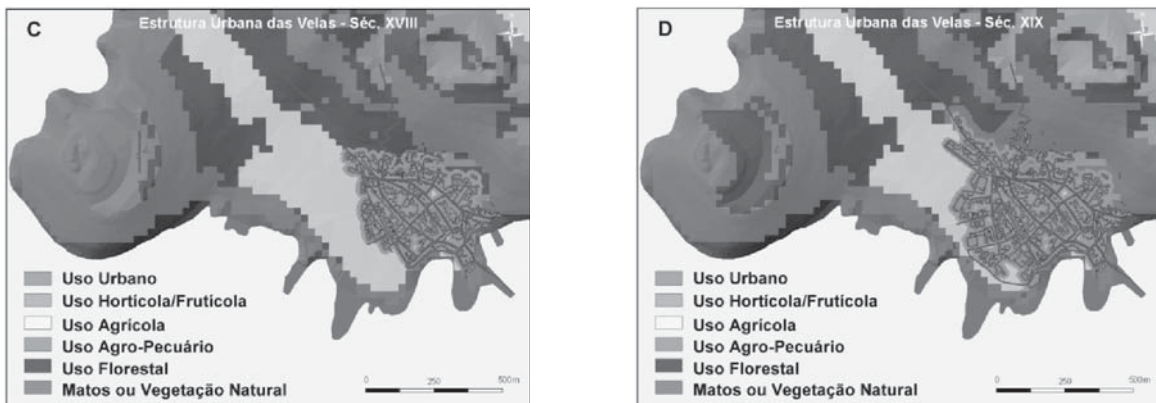
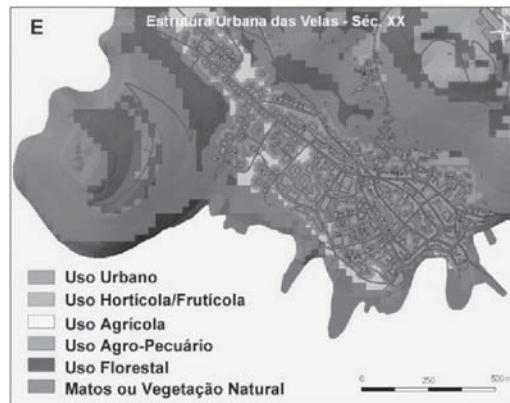


FIGURA 17
Ocupação do uso do solo para as Velas: (E) século XX



de arruamentos que convergem ou tendem a convergir num largo polarizador, embora se admita a preponderância de uma dessas ruas como principal. O conjunto forma uma espécie de leque (Fernandes, 1990).

5. CONCLUSÕES

Este artigo descreve a aplicação de um modelo de interacção espacial para simular a evolução do uso do solo da Ilha de São Jorge ao longo de vários séculos, com base nos dados de população,

emprego, produtividade e exportações. Os modelos de interacção espacial são ferramentas interessantes para analisar as relações entre o Homem e o Território. Em combinação com a atractividade do território permite a reconstrução da História, nomeadamente a que se refere à ocupação do solo. Este trabalho evidencia a importância da agricultura na história de São Jorge, não apenas como geradora de sustento para a sobrevivência das famílias jorgenses, mas essencialmente como um recurso potenciador da actividade básica da ilha.

BIBLIOGRAFIA

- Avellar, J.C.S. (1902), *Ilha de São Jorge (Açores) – Apontamentos para a sua História*.
Horta: Tip. Minerva Insulana.
- Amaral, J. D. (1982), *Os citrinos*. 3ª Edição.
Clássica Editora.
- Azevedo, E. B. (1996), *Modelação do Clima Local à Escala Local, Modelo CIELO, Tese de Doutoramento*,
Departamento de Ciências Agrárias, Universidade dos Açores.
- Batty, M. (1978), *Reilly's challenge: new laws of retail gravitation which define systems of central places*,
in Environmental and Planning, A10: 185-219.
- Costa, J.S. Delgado, A.P. & Godinho, I.M. (2002), *Compêndio de Economia Regional*. Capítulo 23.
Associação Portuguesa de Desenvolvimento Regional. Coimbra.
- Cordeyro, A. (1981), *História insulana das ilhas a Portugal sugeytas no Oceano Occidental*. Angra do Heroísmo:
Secretaria Regional da Educação e Cultura.
- Cunha, P^e. M.A. (1981), *Notas Históricas. Estudos sobre o Concelho da Calheta – São Jorge (Recolha, Introdução e Notas de Teodoro de Matos)*,
Vol. I. Ponta Delgada: Universidade dos Açores.
- Dentinho, T. D. (1994), *O Porto da Calheta e a Estrutura Espacial da Economia de São Jorge*.
in: Estudo sobre a Operacionalidade do Porto da Calheta. Angra do Heroísmo: Universidade dos Açores.
Departamento de Ciências Agrárias.
- Dentinho, T. C. P. (2005), *Modelos Gravitacionais*.
in: *Compêndio de Economia Regional*, 22. 2ª Edição. Coimbra: APDR - Associação Portuguesa para o Desenvolvimento Regional.
- Gonçalves, J. & Medeiros, C. (2005), *Atractividade para os Citrinos nas Ilhas dos Açores*.
In Estudo das Aptidões do Território dos Açores. Departamento de Ciências Agrárias. Universidade dos Açores.
- Gonçalves, J. & Dentinho, T. (2007), *A Spatial Interaction Modelo for Agricultural Uses. Modelling Land-Use Change. Progress and Application*.
Koomen E., Stillwell, J. Bakema, A. and Scholten, H. *The Geojournal Library* 90. Springer.
- Fernandes, J. M. (1990), *Arquitectura vernácula e estruturas nos arquipélagos da Macaronésia: Madeira, Açores, Canárias: similitudes e contrastes séculos XV-XVIII*. *in*: *Actas do II Colóquio Internacional de História da Madeira*, pp. 715-725.
- Keynes, J. M. (1936), *The General Theory of Employment, Interest, and Money*.
London: Macmillan.
- Madeira, J.E.O. (1998), *Estudos de Neotectónica nas Ilhas do Faial, Pico e S. Jorge: uma Contribuição para o Conhecimento Geodinâmico da Junção Tripla Dos Açores*. Lisboa: Faculdade de Ciências da Universidade de Lisboa – Departamento de Geologia.
- Mendonça, L. (1998), *Aspectos da vida Quotidiana nos Açores*.
Ponta Delgada: Nova Gráfica.
- Morin, C. (1985), *Cultivo dos Citrinos – Instituto Interamericano de Cooperacion para la agricultura*.
San Jose, Costa Rica.
- Pereira, A.D.S. (1985), *Vereações de Velas, S. Jorge (1559-1570-1571)*.
Porto: Gráfica Maiadouro.

