

TUTORIAIS DE APOIO ÀS AULAS PRÁTICAS

Tutorial 7. Simulação da dinâmica da paisagem no futuro com e sem fogo

Vanda Acácio e Susana Dias

OBJETIVOS

Simular a evolução da ocupação do solo no futuro com e sem fogo, com recurso a cadeias de Markov (ou matrizes de Markov – as matrizes de transição relativa).

Neste exercício iremos simular a dinâmica da paisagem futura com e sem fogo utilizando as matrizes de transição relativa construídas na aula anterior. Os elementos (células) destas matrizes contêm as proporções de alteração de cada classe de ocupação do solo para outra classe, observadas num período de 24 anos (1995-2018).

Em geral as probabilidades de transição de um estado para outro estado numa cadeia finita de Markov dada pela matriz P em k passos é dada por P^k . No nosso caso de estudo, k corresponde a um período de 24 anos. Podemos desta forma simular as transições para vários períodos no tempo, com e sem fogo. Podemos por exemplo multiplicar as probabilidades da matriz de transição relativa global pelas áreas (ha) de cada classe em 2018 para obter as áreas destas classes em 2041 ($t = 24$), e assim sucessivamente.

Estes cálculos podem ser efetuados diretamente no MExcel, com recurso à função “Matriz Mult”, processo que será demonstrado na aula.

As matrizes ou cadeias de Markov assumem que as proporções de transição se mantêm ao longo do tempo.

Etapas no MExcel

1. Utilizar a matriz global para começar o exercício
2. Transpor a matriz global **relativa**

Transpor uma matriz é trocar as linhas com as colunas, ou seja: a primeira linha da matriz passa a ser a primeira coluna da matriz transposta, a segunda linha passa a ser a segunda coluna, e assim sucessivamente.

MATRIZ DE TRANSIÇÃO RELATIVA GLOBAL (M)														2018	
1995	AFS with cork oak and_or holm oak	AFS with other species	Agriculture and pastureland	Areas with sparse vegetation	Cork oak and_or holm oak forest	Deciduous oak and other hardwood forest	Eucalypt and other exotic forest	Pine and other coniferous forest	Shrublands	Urban	Water bodies and aquatic systems				
	90,47%	0,01%	0,86%	0,00%	5,71%	0,00%	0,01%	2,20%	0,42%	0,25%	0,07%				
	0,00%	89,68%	1,43%	0,00%	0,00%	0,00%	0,06%	6,31%	0,06%	2,36%	0,03%				
	0,02%	0,07%	84,90%	0,00%	0,60%	0,56%	0,11%	3,73%	5,80%	3,33%	0,22%				
	0,00%	0,00%	0,00%	98,68%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,06%	0,41%	0,86%				
	2,13%	0,01%	0,20%	0,00%	95,08%	0,02%	0,28%	1,32%	0,39%	0,23%	0,34%				
	0,00%	0,00%	0,46%	0,00%	0,07%	95,07%	2,94%	0,10%	0,19%	0,51%	0,65%				
	0,00%	0,00%	0,63%	0,00%	0,11%	0,00%	98,59%	0,14%	0,19%	0,14%	0,20%				
	0,01%	0,38%	0,71%	0,00%	0,88%	0,11%	1,54%	90,65%	1,02%	4,54%	0,15%				
	0,04%	0,10%	3,43%	0,03%	1,65%	0,07%	1,15%	10,57%	80,94%	1,71%	0,31%				
	0,00%	0,00%	0,23%	0,00%	0,00%	0,01%	0,04%	0,06%	0,32%	99,03%	0,31%				
	0,00%	0,00%	0,00%	0,13%	0,00%	0,02%	0,00%	0,00%	0,02%	0,45%	99,37%				
MATRIZ DE TRANSIÇÃO RELATIVA GLOBAL TRANSPOSTA (M')														1995	
2018	AFS with cork oak and_or holm oak	AFS with other species	Agriculture and pastureland	Areas with sparse vegetation	Cork oak and_or holm oak forest	Deciduous oak and other hardwood forest	Eucalypt and other exotic forest	Pine and other coniferous forest	Shrublands	Urban	Water bodies and aquatic systems				
	90,47%	0,01%	0,86%	0,00%	2,13%	0,00%	0,00%	0,01%	0,04%	0,00%	0,00%				
	0,01%	89,68%	0,07%	0,00%	0,01%	0,00%	0,00%	0,38%	0,10%	0,00%	0,00%				
	0,86%	1,43%	84,90%	0,00%	0,20%	0,46%	0,63%	0,71%	3,43%	0,23%	0,00%				
	0,00%	0,00%	0,00%	98,68%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,03%	0,00%	0,13%				
	5,71%	0,00%	0,60%	0,00%	95,08%	0,07%	0,11%	0,88%	1,65%	0,00%	0,00%				
	0,00%	0,00%	0,56%	0,00%	0,02%	95,07%	0,00%	0,11%	0,07%	0,01%	0,02%				
	0,01%	0,06%	0,11%	0,00%	0,28%	2,94%	98,59%	1,54%	1,15%	0,04%	0,00%				
	2,20%	6,31%	3,73%	0,00%	1,32%	0,10%	0,14%	90,65%	10,57%	0,06%	0,00%				
	0,42%	0,06%	5,80%	0,06%	0,39%	0,19%	0,19%	1,02%	80,94%	0,32%	0,02%				
	0,25%	2,36%	3,39%	0,41%	0,23%	0,51%	0,14%	4,54%	1,71%	99,03%	0,45%				
	0,07%	0,03%	0,22%	0,86%	0,34%	0,65%	0,20%	0,15%	0,31%	0,31%	99,37%				

3. Utilizar o vetor de área ocupada em 1995 (V1), ou seja, o total da área de cada classe (ha) em 1995 da matriz global absoluta (soma das linhas), que corresponde à composição inicial da paisagem (em T1).

MATRIZ DE TRANSIÇÃO ABSOLUTA GLOBAL												2018		V1= T1
1995	AFS with cork oak and_or holm oak	AFS with other species	Agriculture and pastureland	Areas with sparse vegetation	Cork oak and_or holm oak forest	Deciduous oak and other hardwood forest	Eucalypt and other exotic forest	Pine and other coniferous forest	Shrublands	Urban	Water bodies and aquatic systems			
	14647,57974	1,478664272	138,7397		924,7862		1,777723243	355,914617	68,38397	40,0821	10,91048253			16189,65
		1524,861399	25,40816				0,992403931	107,315618	1,063807	40,17576	0,432822686			1700,25
	27,84290271	95,54112484	120988,9	2,841793	848,4547	804,7149337	151,0763835	5316,03855	8267,278	5691,647	161,1489591			142510,45
				3062,724						1,755973	12,77139			3103,85
	1770,81963	5,246736636	163,2566		79163,84	19,01320374	235,0242087	1100,79577	324,0502	192,6003	284,1460273			83258,79
			20,85734		3,250556	4264,544801	132,0850994	4,28836159	8,499446	23,04495	28,93870002			4485,51
			195,4749		34,77085		30693,41308	43,8501851	57,92544	42,26806	63,48685289			31131,19
	3,375937727	109,2282995	200,96		251,0467	31,20537561	439,1203028	25767,3244	290,6704	1290,367	41,31182354			28424,61
	62,43482865	153,0116349	5252,835	42,88327	2532,257	112,4267877	1757,416417	16192,0141	123971,1	2619,974	474,2555803			153170,64
		0,214257063	40,15033				1,56595608	7,431920942	11,1167582	55,76987	17238,44			17408,00
				23,90961		3,554472644		0,71033201	4,012576	82,74271	18163,88232			18278,81

4. Fazer a multiplicação da matriz M' pelo vetor V1 com a função "MMULTI", para obter o vetor 2 (V2). Cada linha da matriz transposta (M') é multiplicada pelo vetor V1 para se obter V2.

Note que o vetor 2 obtido (V2) corresponde às áreas (ha) em 2018 e deve ser igual aos totais gerais das colunas da matriz global absoluta

8	=MATRIZ.MULT(C18:M18;P\$18:P\$28)																
A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q	
MATRIZ DE TRANSIÇÃO RELATIVA GLOBAL TRANSPOSTA																V1	V2
1995																1995	2018
2018	AFS with cork oak and_or holm oak	0,90	0,00	0,00	0,00	0,02	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	AFS with cork oak	16189,65	16512,05	
	AFS with other species	0,00	0,90	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	AFS with other s	1700,25	1889,58	
	Agriculture and pastureland	0,01	0,01	0,85	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	0,01	0,03	0,00	0,00	Agriculture and p	142510,45	127026,55	
	Areas with sparse vegetation	0,00	0,00	0,00	0,99	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	Areas with sparse	3103,85	3132,36	
	Cork oak and_or holm oak forest	0,06	0,00	0,01	0,00	0,95	0,00	0,00	0,01	0,02	0,00	0,00	0,00	Cork oak and_or	83258,79	83758,40	
	Deciduous oaks and other hardwood forest	0,00	0,00	0,01	0,00	0,00	0,95	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	Deciduous oaks	4485,51	5237,03	
	Eucalypt and other exotic forest	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,03	0,99	0,02	0,01	0,00	0,00	0,00	Eucalypt and oth	31131,19	33418,34	
	Pine and other coniferous forest	0,02	0,06	0,04	0,00	0,01	0,00	0,00	0,91	0,11	0,00	0,00	0,00	Pine and other c	28424,61	48899,37	
	Shrublands	0,00	0,00	0,06	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	0,81	0,00	0,00	0,00	Shrublands	153170,64	133050,54	
	Urban	0,00	0,02	0,04	0,00	0,00	0,01	0,00	0,05	0,02	0,99	0,00	0,00	Urban	17408,00	27274,12	
Water bodies and aquatic systems	0,00	0,00	0,00	0,01	0,00	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,99	0,00	Water bodies an	18278,81	19463,42		
TOTAL														499661,76	499661,76		

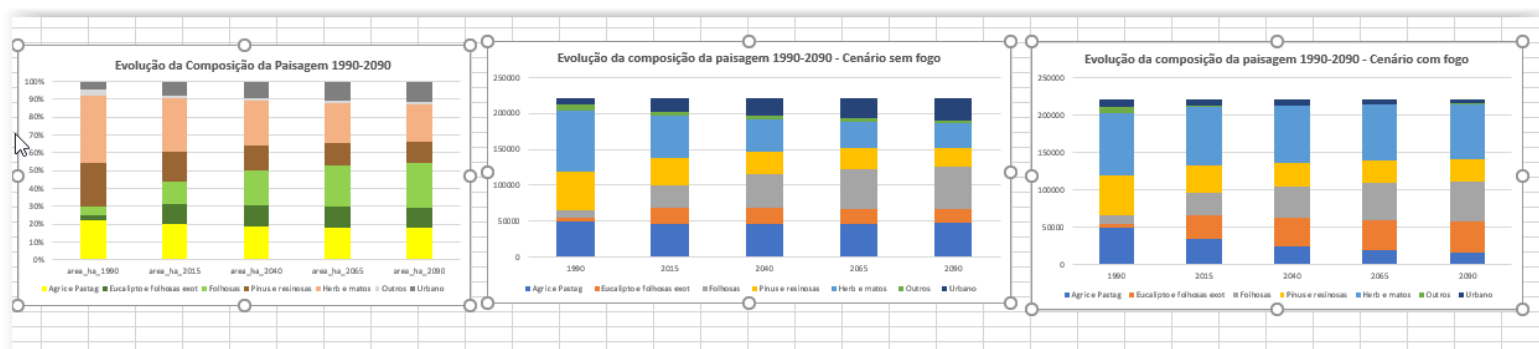
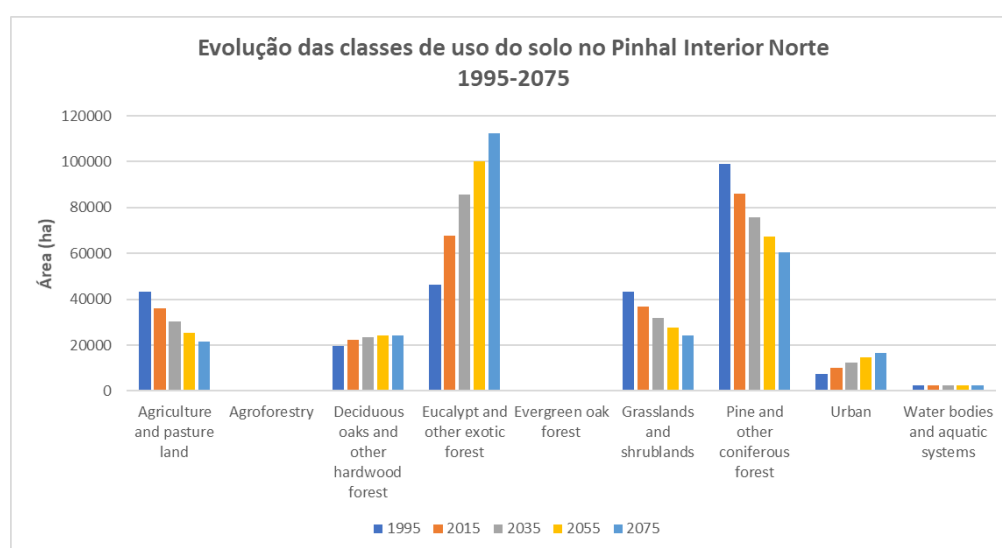
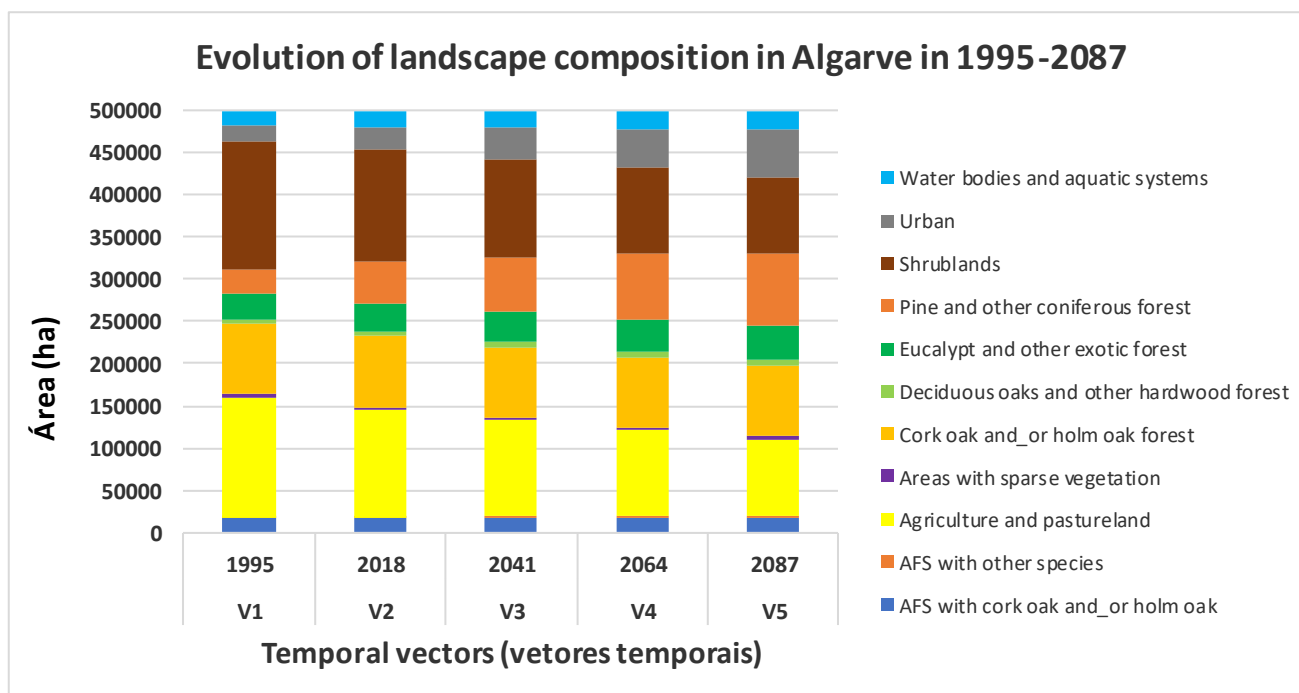
A matriz transposta (M') é novamente multiplicada pelo vetor V2 (área em t2 - 2018), para se obter V3 - o vetor no tempo 3 (2041), e assim sucessivamente até 2087 (cada intervalo de tempo é de 24 anos). Há classes de uso do solo com tendência crescente em área de ocupação e outras com tendência decrescente ao longo do tempo. No entanto, o total da área de estudo tem que ser sempre igual (soma de todas as classes).

	V1	V2	V3	V4	V5
	1995	2018	2041	2064	2087
AFS with cork oak and_or holm oak	16189,65	16512,05	16805,58	17068,83	17301,12
AFS with other species	1700,25	1889,58	2107,77	2338,61	2570,12
Agriculture and pastureland	142510,45	127026,55	113382,93	101377,91	90826,76
Areas with sparse vegetation	3103,85	3132,36	3156,10	3176,02	3192,90
Cork oak and_or holm oak forest	83258,79	83758,40	84010,98	84050,18	83904,98
Deciduous oaks and other hardwood forest	4485,51	5237,03	5873,03	6406,84	6850,49
Eucalypt and other exotic forest	31131,19	33418,34	35770,26	38149,65	40526,49
Pine and other coniferous forest	28424,61	48899,37	64791,43	76932,67	86010,89
Shrublands	153170,64	133050,54	116118,13	101824,09	89720,46
Urban	17408,00	27274,12	37029,93	46595,86	55913,17
Water bodies and aquatic systems	18278,81	19463,42	20615,63	21741,09	22844,36
TOTAL	499661,76	499661,76	499661,76	499661,76	499661,76

5. Repetir os procedimentos anteriores utilizando agora as matrizes relativas de área ardida e área não ardida. **Note que terá que usar sempre a mesma composição inicial da paisagem - V1, de modo a poder comparar os 3 cenários.**

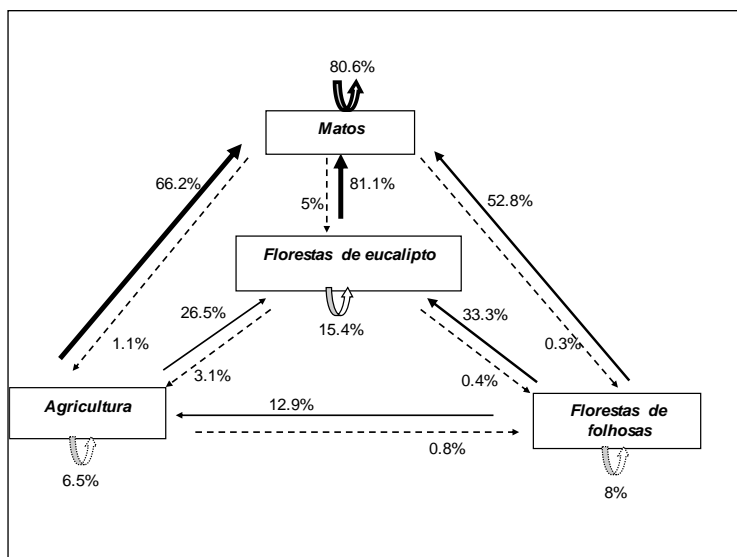
6. Representar os resultados graficamente (3 cenários: geral - matriz global, área ardida e área não ardida)

Representação gráfica dos resultados em MExcel (exemplos)



Representação gráfica da dinâmica da paisagem: exemplos

Para além dos gráficos elaborados em MExcel nas aulas, apresentamos abaixo outros exemplos de representação gráfica da alteração da ocupação do solo (com base nas transições relativas ou cadeias de Markov), seja para representar a dinâmica do passado ou representar a simulação da dinâmica da paisagem no futuro. Muitos outros exemplos podem ser encontrados na bibliografia.



Landscape dynamics 1990-2007
Mainland Portugal

