

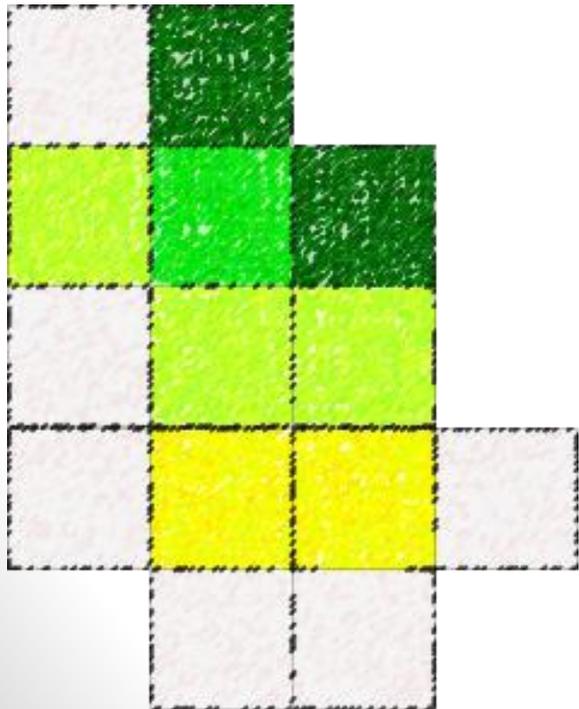


PÓS-GRADUAÇÃO

SENSORIAMENTO REMOTO



# Modelagem da dinâmica de cobertura florestal na Floresta Ombrófila Mista, SC



SER – 300 – Introdução ao Geoprocessamento

por Henrique Luis Godinho Cassol

Dr. Antônio Miguel Vieira Monteiro; Dr. Claudio Barbosa





**1**

**Introdução**

**2**

**Metodologia**

**3**

**Resultados**

**4**

**Discussões**

**5**

**Conclusões**



# 1

## Introdução

- As Florestas cobrem 31% da superfície terrestre (FAO, 2012);



- A perda de biodiversidade (Pimm et al. 2014);

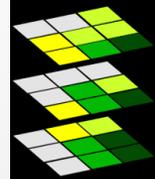
- Fragmentação e isolamento (Ribeiro et al. 2009);



- A Floresta Ombrófila Mista cobre 12,86 % de Santa Catarina (Vibrans et al. 2013);



- Modelos baseados em AC são tópicos recentes de pesquisas sobre LUCC e a perda de biodiversidade (Teixeira et al. 2009; Pérez-Vega, 2012).



# 1

## Objetivo

- **Modelar** a dinâmica de **cobertura florestal** da FOM, em Lages, SC, mediante o uso de **Autômatos Celulares** para simular três **cenários** para os próximos 100 anos.

1º Cenário (constante): regras de transição, probabilidades, baseadas na literatura;

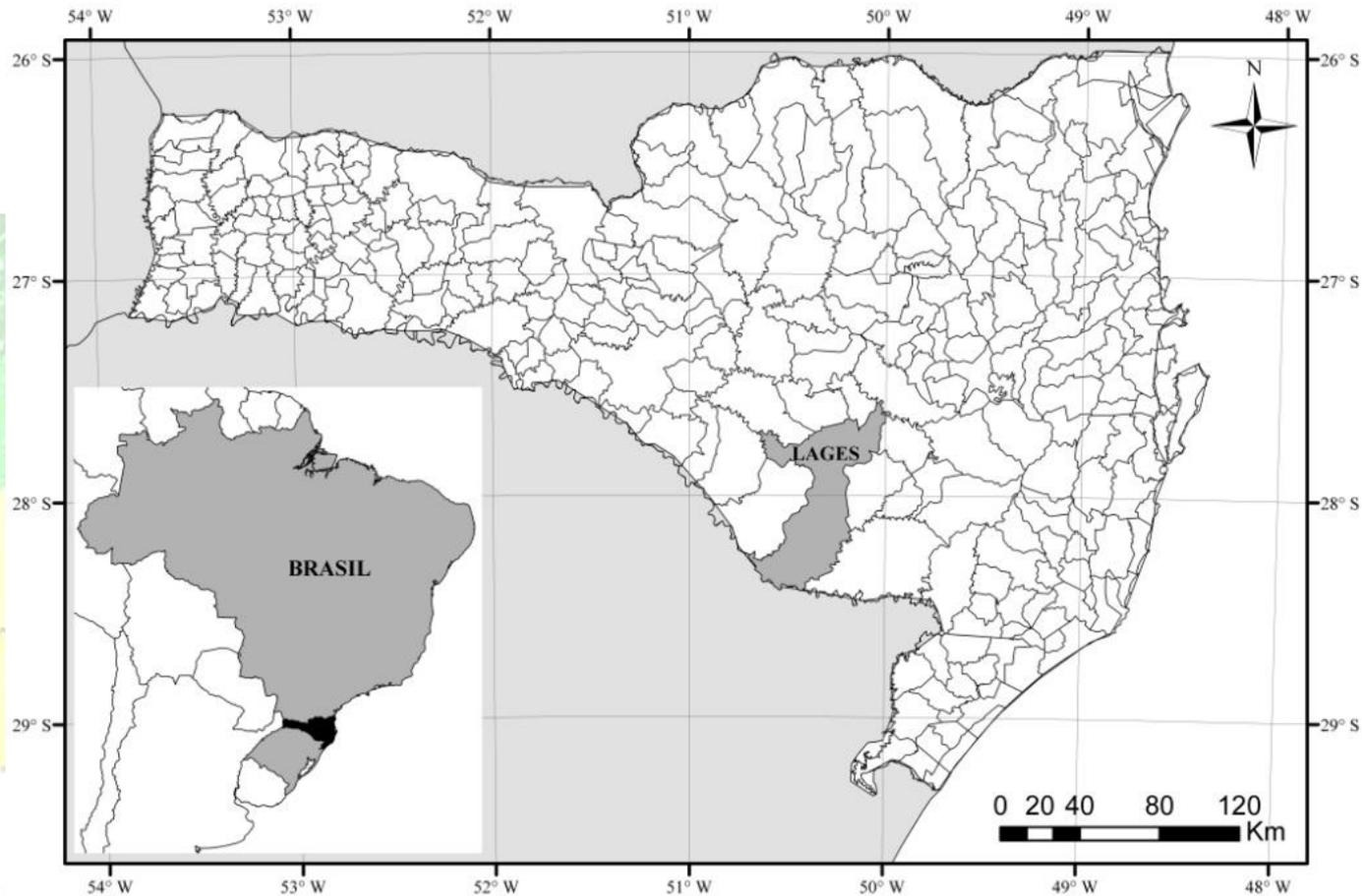
- 2º Cenário (otimista): incremento da cobertura florestal > desmatamento;
- 3º Cenário (pessimista): desmatamento >> incremento.



## 2

# Metodologia

- Área de estudo - - LAGES, SC (Fig. 1).



## 2

## Metodologia

- **Conjunto de dados** (Tabela 1).

Camada	Escala	Data	Fonte	Geoprocessamento
<b>Inventário Florestal</b>	1:100.000	2007 - 2010	IFFSC (2013) <sup>1</sup>	Polígonos Thiessen para os estágios de sucessão
<b>Remanescentes Florestais</b>	1:50.000	2010 - 2011	SOS MA/INPE (2012) <sup>2</sup>	Intersecção entre os polígonos Thiessen e os polígonos dos remanescetes
<b>Malha Viária</b>	1:1.000.000	2000	IBGE/ANA (2000) <sup>3</sup>	Recorte municipal
<b>Hidrografia</b>	1:1.000.000	2010	ANA (2010) <sup>4</sup>	Recorte municipal

<sup>1</sup> Inventário Florístico Florestal de Santa Catarina

<sup>2</sup> Atlas dos remanescentes florestais do SOS Mata Atlântica/Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais

<sup>3</sup> Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística

<sup>4</sup> Agência Nacional das Águas

## 2

# Metodologia

- Preenchimento de células (Figura 2).

	Inventário Florestal
+ Classes Sucessionais	
+ Polígonos Thiessen	
Fonte: IFFSC (2013)	

Recorte ↓

	Remanescentes Florestais
+ Floresta Ombrófila Mista	
Fonte: SOS MA/INPE (2012)	

Recorte

	Polígono Lages
+ Polígonos c/ classes de sucessão	
Fonte: IBGE (2012)	

Presença

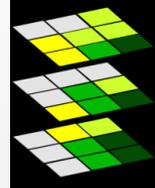
	Malha viária
+ Rodovias federais e estaduais	
Fonte: IBGE/ANA (2000)	

Distancia mínima ↓

	Células Lages
+ Dimensão 500m x 500m	
Classes:	0 – Não Floresta 1 – Pioneira 2 – Sec. Inicial 3 – Sec. Tardia 4 – Primária

Distancia mínima ↑

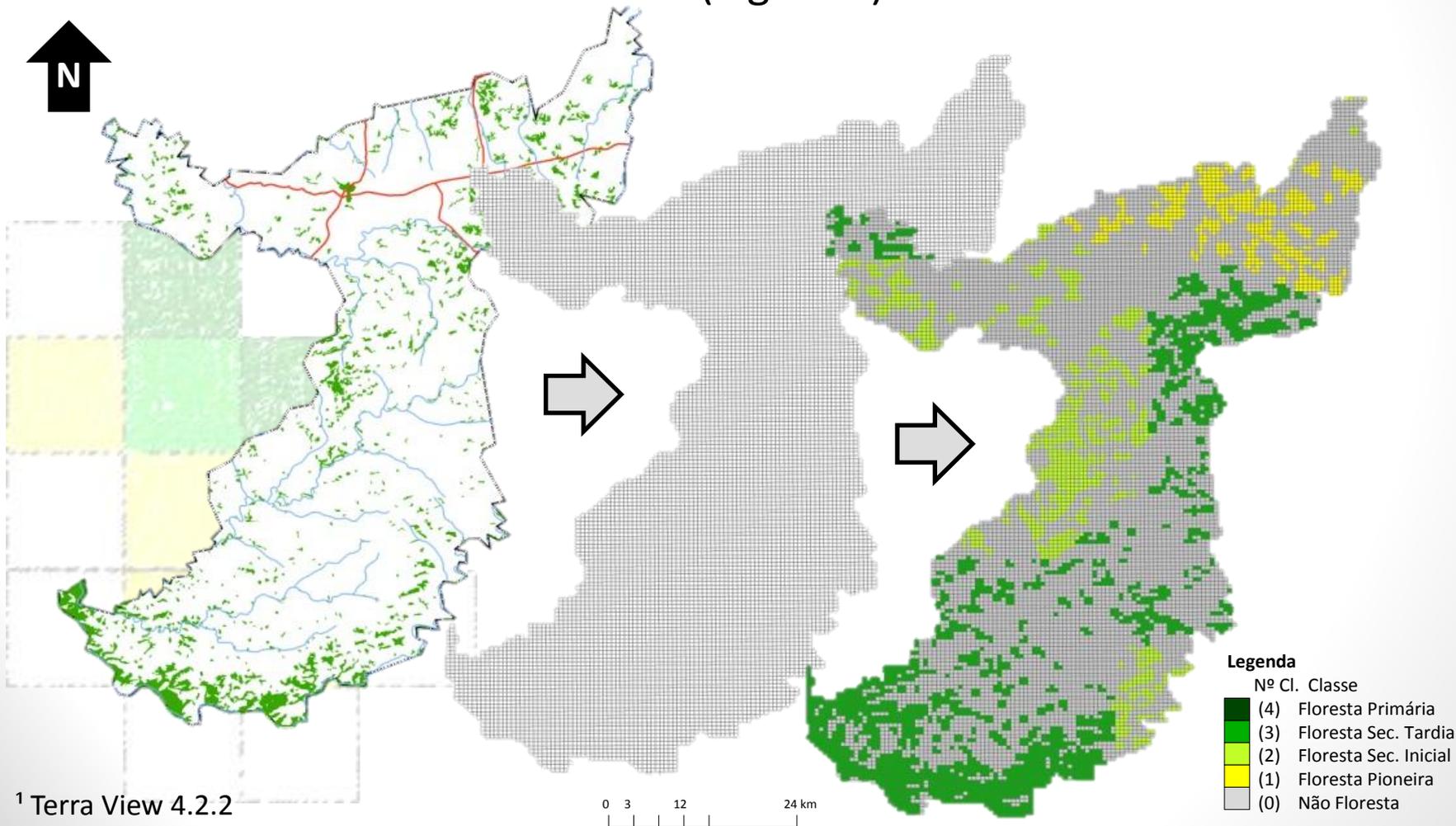
	Hidrografia
+ Rios principais	
Fonte: ANA (2010)	



## 2

# Metodologia

- Preenchimento de células<sup>1</sup> (Figura 3).



## 2

## Metodologia

- **Autômato Celular (AC)** é um conjunto de **células regulares** representadas em um espaço bidimensional por um autômato **finito** – modelo conceitual para **simular** eventos discretos no tempo – composto por uma **relação de vizinhança**

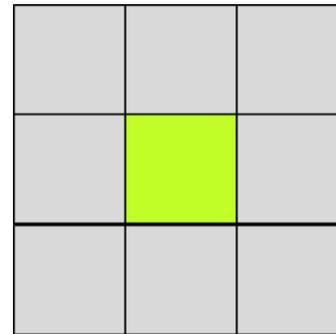


Figura 4. Vizinhança de “Moore”, demonstrando as células desmatadas (cinzas) circundando uma área de floresta.

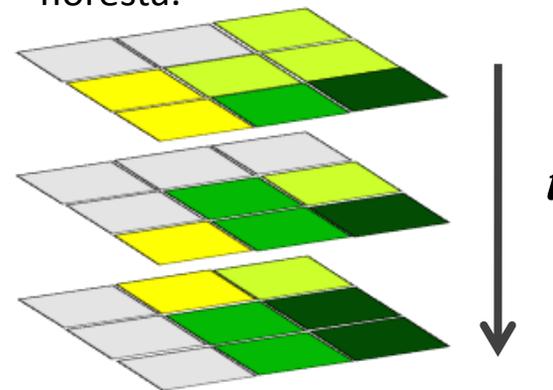


Figura 5. Mudanças hipotéticas de cobertura florestal do modelo. As classes de cores referem-se à: cinza (desmatado); amarelo (pioneira); verde claro (sec. inicial); verde (sec. tardia); verde escuro (primária).

- Regras de transição<sup>2</sup> (Figura 6).

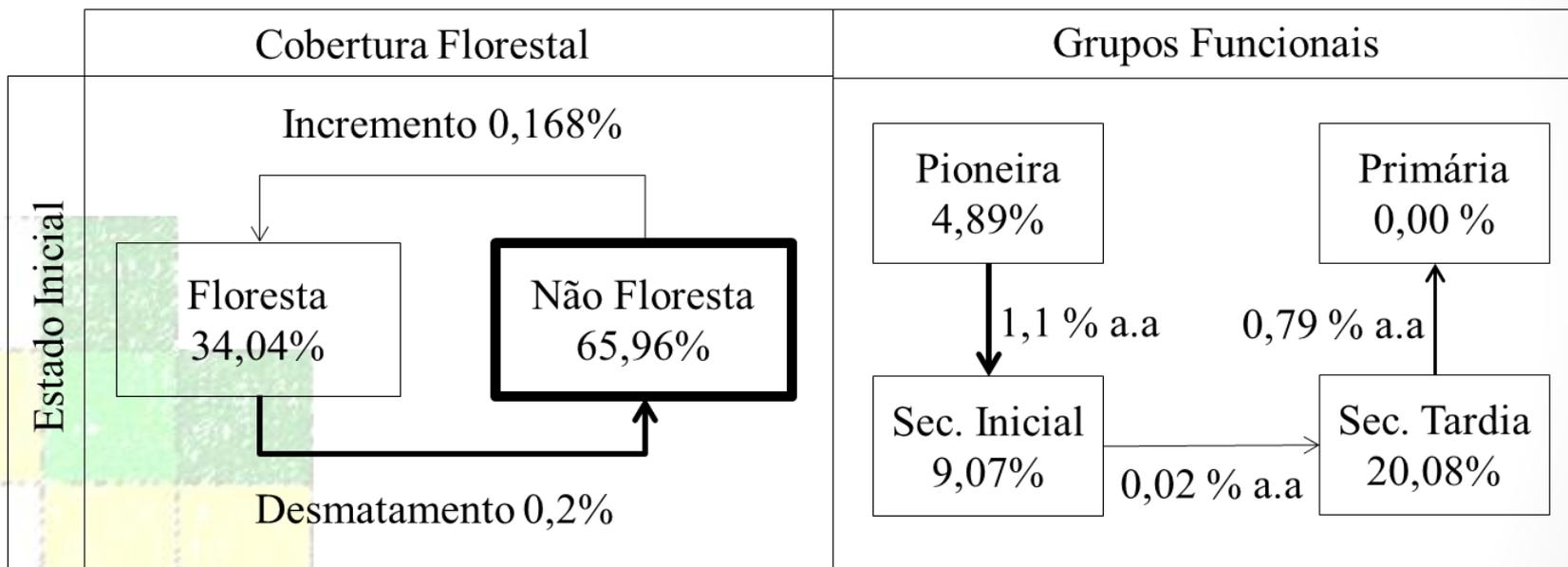


Figura 6. Porcentagens de cada classe (caixas) e mudanças de cobertura florestal e de grupos funcionais em termos percentuais (setas), a partir do estado inicial da floresta em 2011.

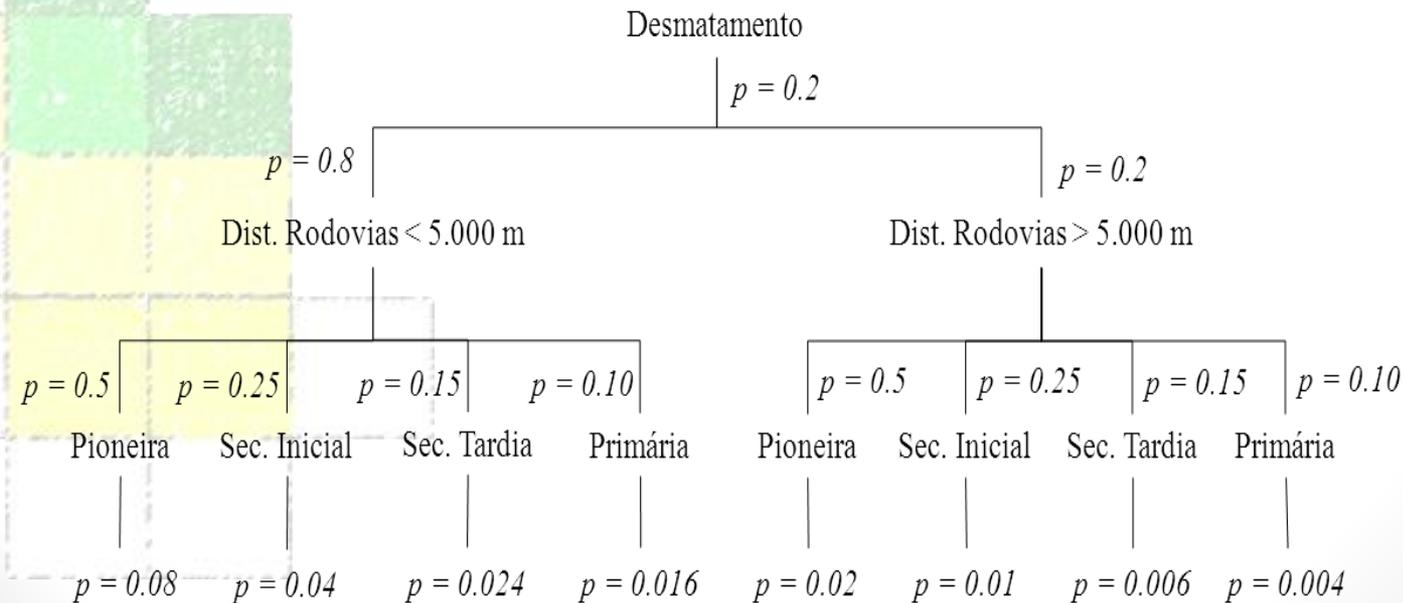
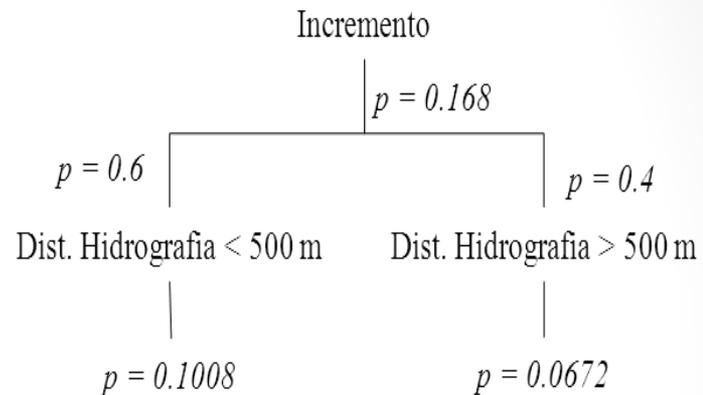
Fonte: **Desmatamento** – SOS Mata Atlântica/INPE (2013);  
**Incremento** – Lira et al. (2013);  
**Crescimento/envelhecimento** – Roik (2012).

## 2

# Metodologia

- Restrição às regras (Figura 7).

- Probabilidades associadas à localização espacial e aos grupos funcionais



- **Criação de cenários** (Figura 7).
- Segundo Teixeira et al. (2009) e Soares Filho et al. (2002), os efeitos decorrentes de LUCC em uma região podem ser avaliados por modelagem através da simulação de cenários que consistem em pressupostos alternativos;

- 1º Cenário (**constante**): **taxas atuais** de mudanças de cobertura;

- 2º Cenário (**otimista**): **2x taxa de incremento** florestal, demais taxas mantêm-se inalteradas;

- 3º Cenário (**pessimista**): **2x taxa de desmatamento** atual; demais constantes.



### 3

## Resultados

- **Cenário constante.**  
Taxa atual de desmatamento e incremento (Fig. 8)

#### Legenda

Nº Cl.	Classe
(4)	Floresta Primária
(3)	Floresta Sec. Tardia
(2)	Floresta Sec. Inicial
(1)	Floresta Pioneira
(0)	Não Floresta

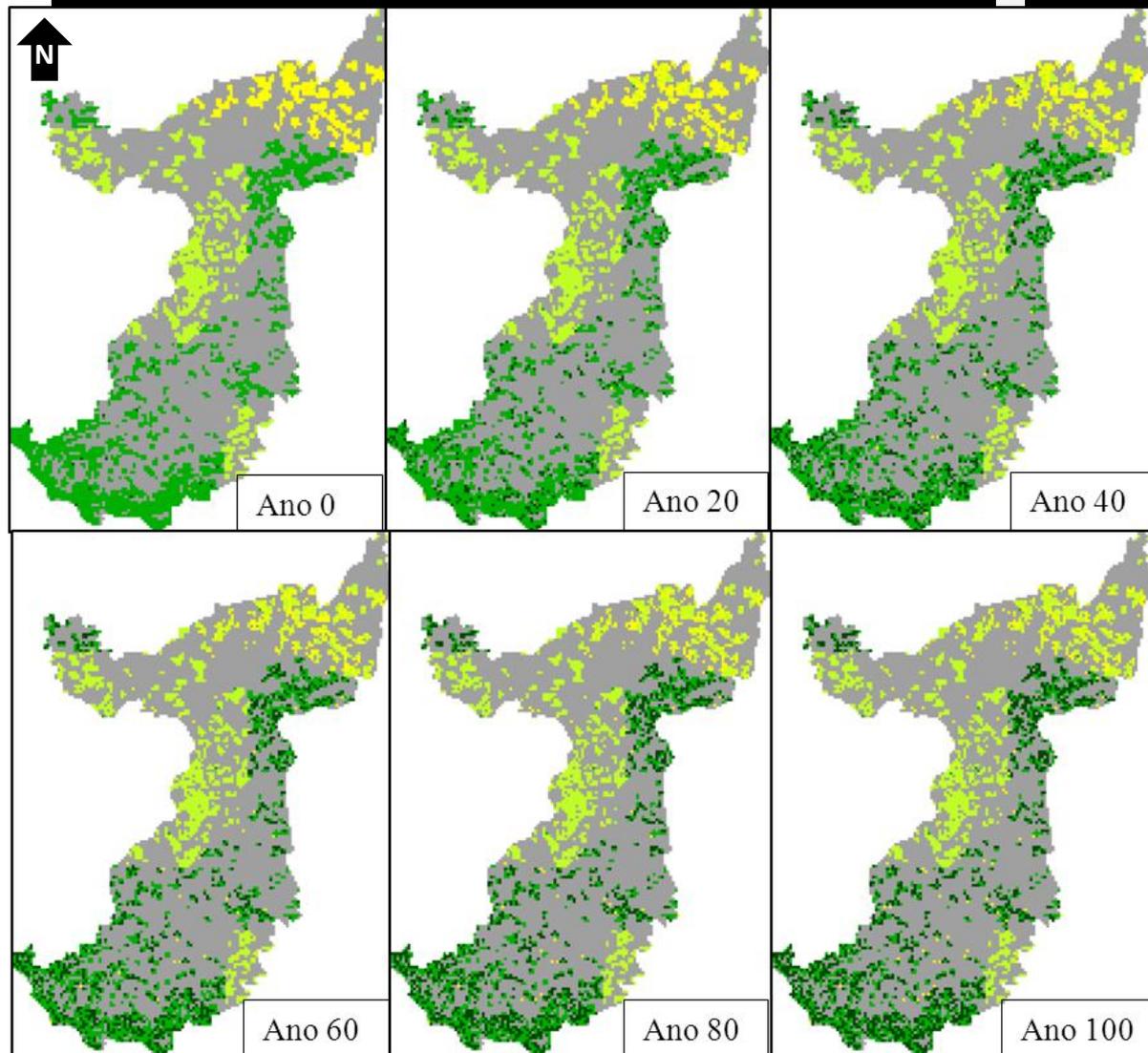


Figura 8. Mudanças de cobertura florestal em Lages, SC, nos próximos 100 anos.

- **Cenário constante. (Figura 9)**

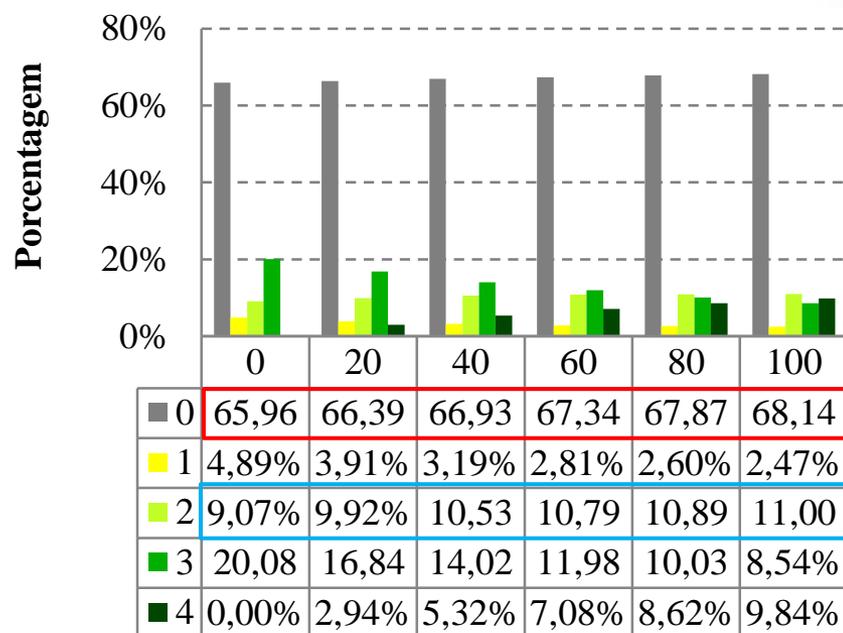
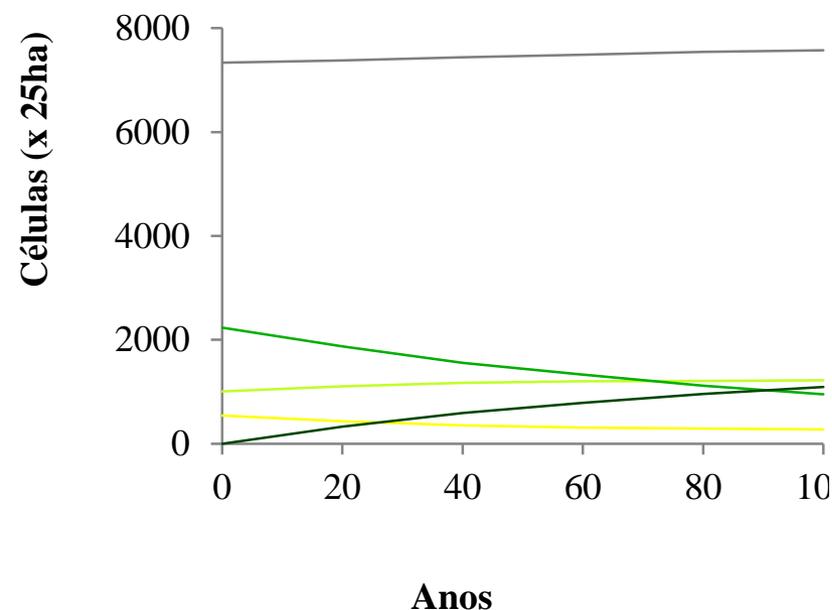
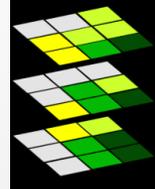


Figura 9, Cenário constante. a) Evolução das áreas com e sem cobertura florestal na Floresta Ombrófila Mista de Lages, em células de 25 ha, para os próximos 100 anos, dados em intervalos a cada 20 anos. b) Porcentagens de cada classe por vintênio em Lages, SC. Os números correspondem às seguintes classes e cores: 0 – cinza (desmatada); 1 – amarelo (pioneira); 2 – verde claro (secundária inicial); 3 – verde (secundária tardia); 4 – verde escuro (primária).

- **Cenário constante.** (Tabela 2).

Tabela 2. Cobertura e porcentagem de cobertura florestal por vintênio em Lages, SC, no cenário constante.

Classe	Número Classe		Ano					
			0	20	40	60	80	100
Não Floresta	0	Área (km <sup>2</sup> )	1.833,50	1.845,50	1.860,50	1.872,00	1.886,50	1.894,25
		Dif. (%) <sup>1</sup>		0,43%	0,54%	0,41%	0,52%	<b>0,28%</b>
Floresta	1	Área (km <sup>2</sup> )	136,00	108,75	88,75	78,00	72,25	68,75
		Dif. (%)		<b>-0,98%</b>	<b>-0,72%</b>	<b>-0,39%</b>	<b>-0,21%</b>	<b>-0,13%</b>
	2	Área (km <sup>2</sup> )	252,00	275,75	292,75	300,00	302,75	305,75
		Dif. (%)		<b>0,85%</b>	<b>0,61%</b>	<b>0,26%</b>	<b>0,10%</b>	<b>0,11%</b>
	3	Área (km <sup>2</sup> )	558,25	468,00	389,75	333,00	278,75	237,50
		Dif. (%)		-3,25%	-2,82%	-2,04%	-1,95%	-1,48%
	4	Área (km <sup>2</sup> )	0,00	81,75	148,00	196,75	239,50	273,50
		Dif. (%)		2,94%	2,38%	1,75%	1,54%	1,22%
	<b>Total 1 -</b>	Área (km <sup>2</sup> )	946,25	934,25	919,25	907,75	893,25	885,50
	<b>4</b>	% Classe	34,04%	33,61%	33,07%	32,66%	32,13%	31,86%



- **Cenário otimista.**  
Taxa incremento >  
taxa desmatamento  
(Figuras 10 e 11)

**Legenda**

Nº Cl.	Classe
(4)	Floresta Primária
(3)	Floresta Sec. Tardia
(2)	Floresta Sec. Inicial
(1)	Floresta Pioneira
(0)	Não Floresta

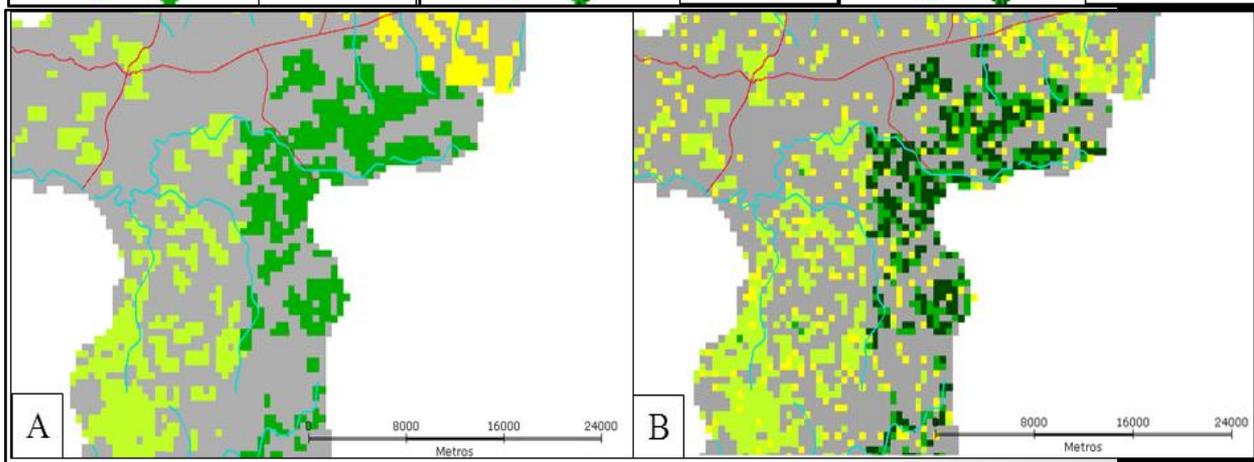
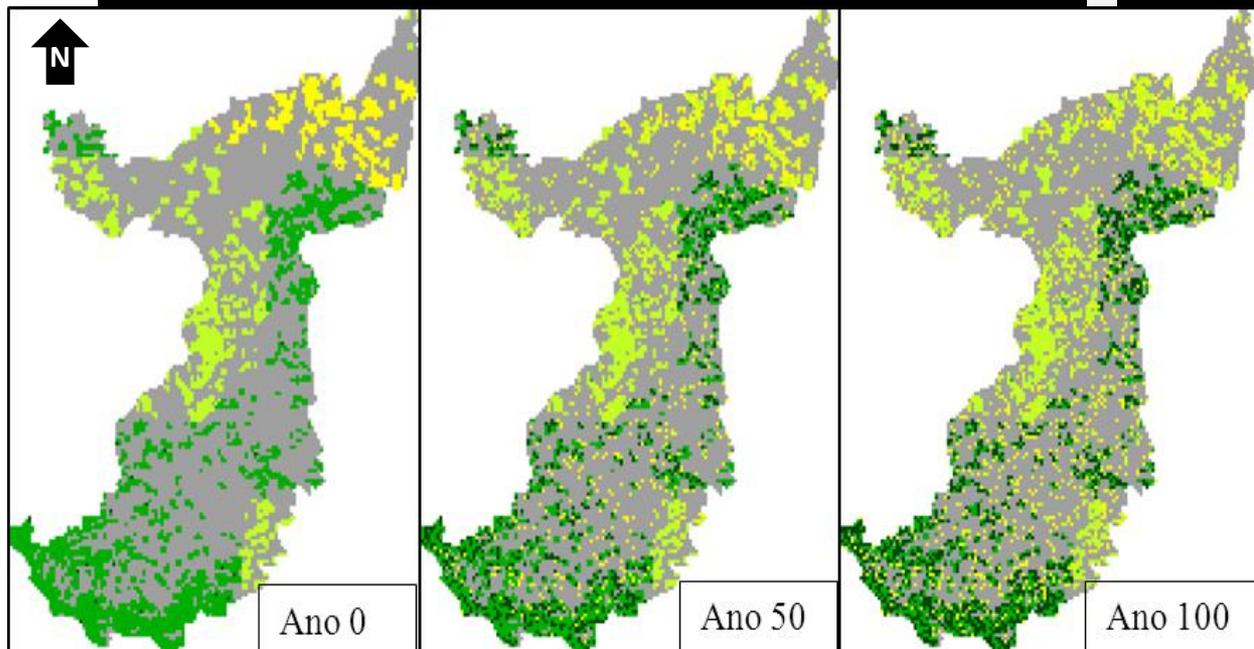


Figura 10. Mudanças de cobertura florestal em Lages, SC, nos próximos 100 anos em um cenário otimista.  
Figura 11. Detalhe da região central do município de Lages, SC no estado inicial a) e; após 100 anos b).

### 3

## Resultados

- **Cenário otimista.** (Figura 12)

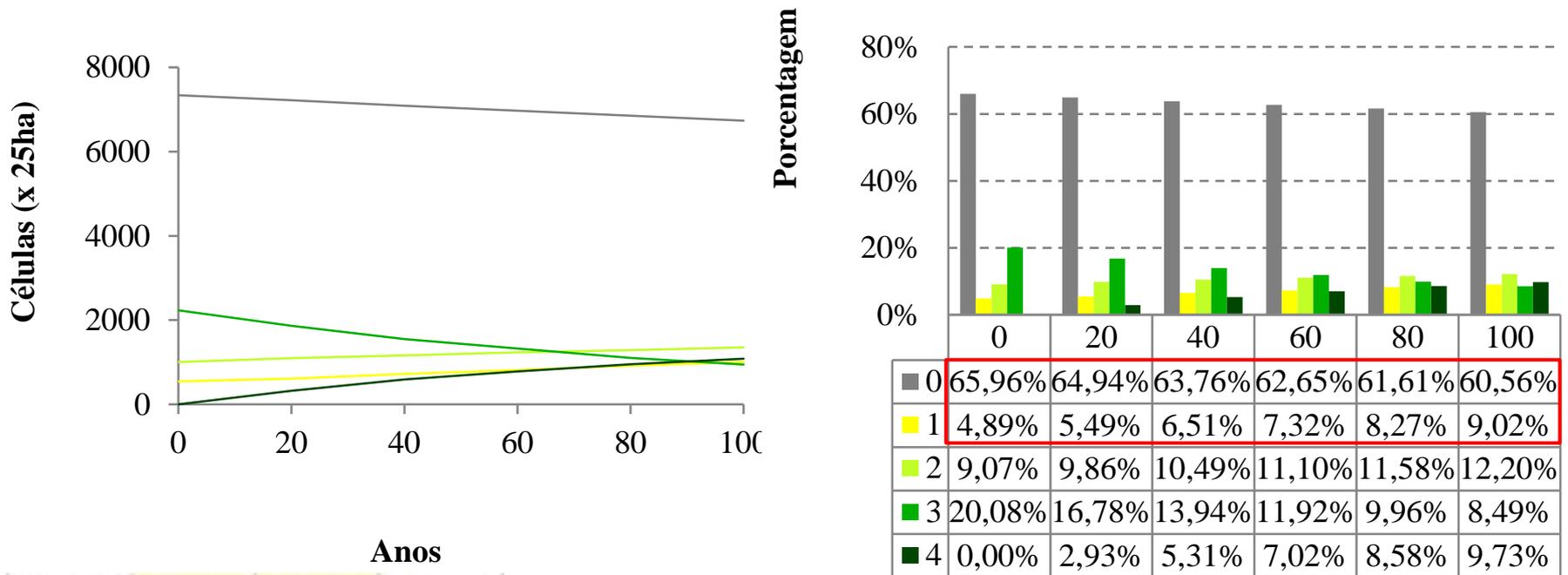


Figura 12, Cenário otimista. a) Evolução das áreas com e sem cobertura florestal na Floresta Ombrófila Mista de Lages, em células de 25 ha, para os próximos 100 anos, dados em intervalos a cada 20 anos. b) Porcentagens de cada classe, por vintênio, em Lages, SC. Os números correspondem às seguintes classes e cores: 0 – cinza (desmatada); 1 – amarelo (pioneira); 2 – verde claro (secundária inicial); 3 – verde (secundária tardia); 4 – verde escuro (primária).

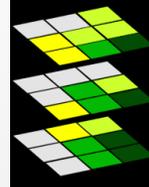
## 3

## Resultados

- **Cenário otimista.** (Tabela 3)

Tabela 3. Cobertura e porcentagem de cobertura florestal por vinténio em Lages, SC, no cenário otimista.

Classe	Número Classe		Ano					
			0	20	40	60	80	100
Não Floresta	0	Área (km <sup>2</sup> )	1833,50	1805,25	1772,25	1741,50	1712,50	1683,50
		Dif. (%) <sup>1</sup>		-1,02%	-1,19%	-1,11%	-1,04%	-1,04%
Floresta	1	Área (km <sup>2</sup> )	136,00	152,50	181,00	203,50	230,00	<b>250,75</b>
		Dif. (%)		0,59%	1,03%	0,81%	0,95%	0,75%
	2	Área (km <sup>2</sup> )	252,00	274,00	291,50	308,50	322,00	<b>339,00</b>
		Dif. (%)		0,79%	0,63%	0,61%	0,49%	0,61%
	3	Área (km <sup>2</sup> )	558,25	466,50	387,50	331,25	276,75	<b>236,00</b>
		Dif. (%)		-3,30%	-2,84%	-2,02%	-1,96%	-1,47%
	4	Área (km <sup>2</sup> )	0,00	81,50	147,50	195,00	238,50	<b>270,50</b>
		Dif. (%)		2,93%	2,37%	1,71%	1,56%	1,15%
	Total 1 - 4	Área (km <sup>2</sup> )	946,25	974,50	1007,50	1038,25	1067,25	1096,25
		% Classe	34,04%	35,06%	36,24%	37,35%	38,39%	39,44%



- **Cenário pessimista.**  
Taxa de desmatamento  
>> taxa incremento.  
(Figuras 13 e 14)

## Legenda

Nº Cl. Classe

■	(4)	Floresta Primária
■	(3)	Floresta Sec. Tardia
■	(2)	Floresta Sec. Inicial
■	(1)	Floresta Pioneira
■	(0)	Não Floresta

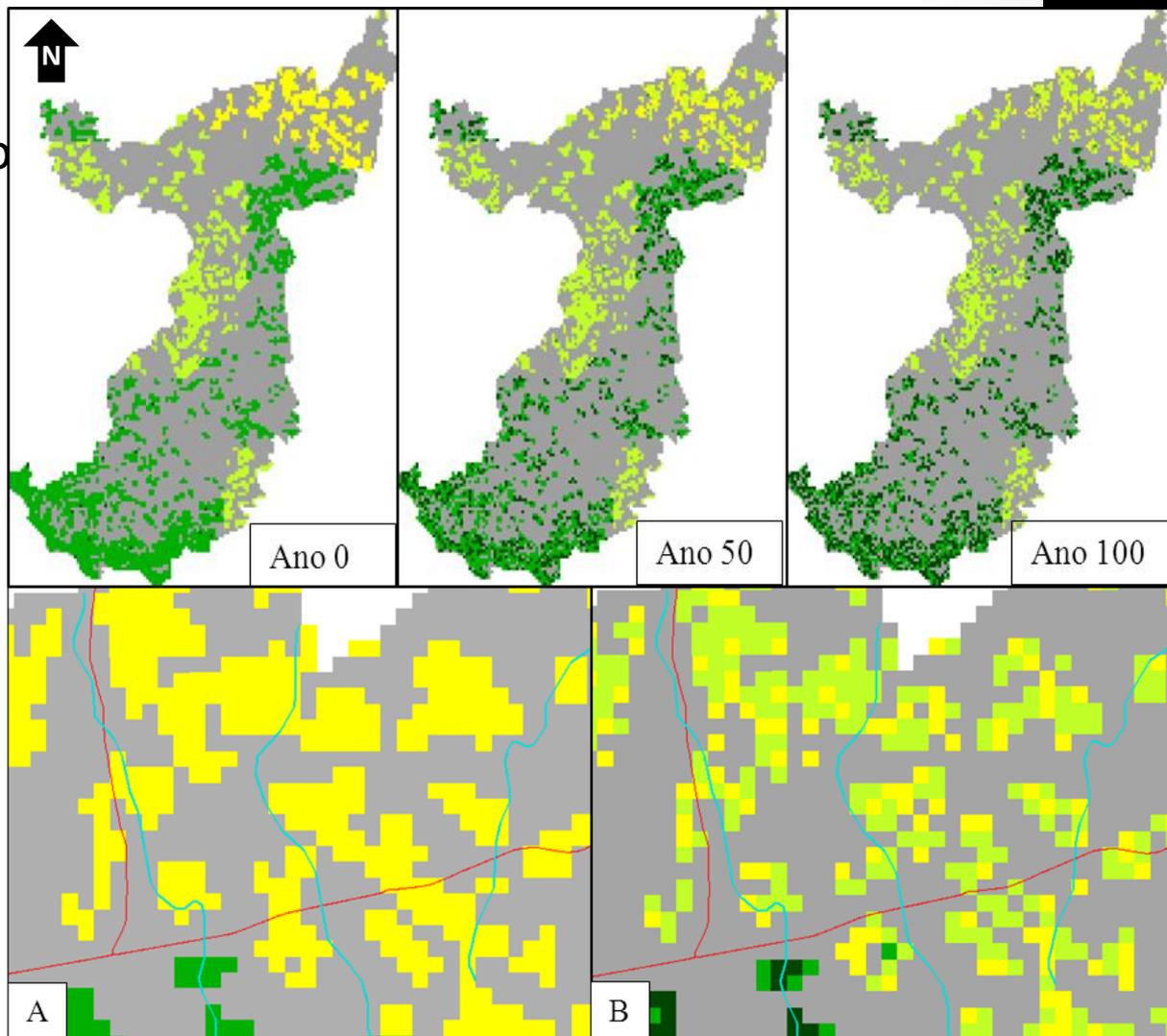


Figura 13. Mudanças de cobertura florestal em Lages, SC, nos próximos 100 anos em um cenário pessimista. Figura 14. Detalhe da perda de cobertura florestal na região NE do município de Lages, SC no estado inicial a) e; após 100 anos b).

### 3

## Resultados

- **Cenário pessimista. (Figura 15)**

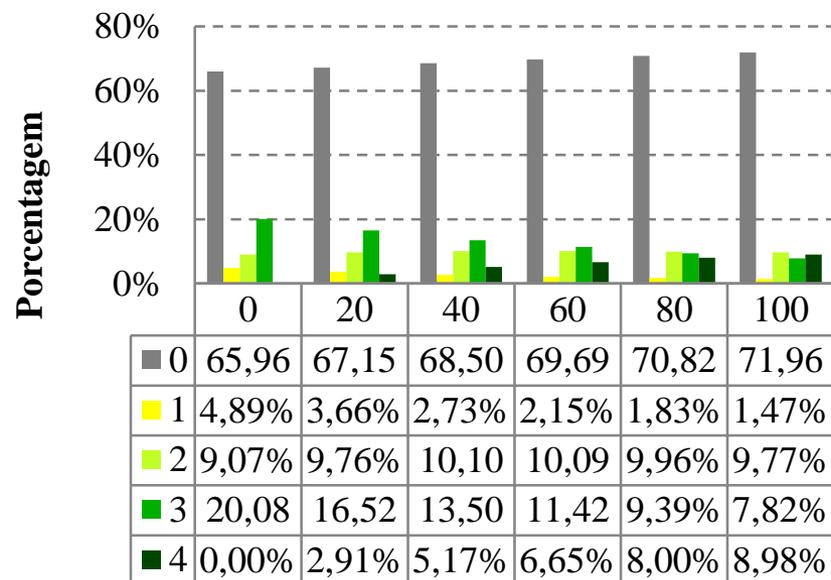
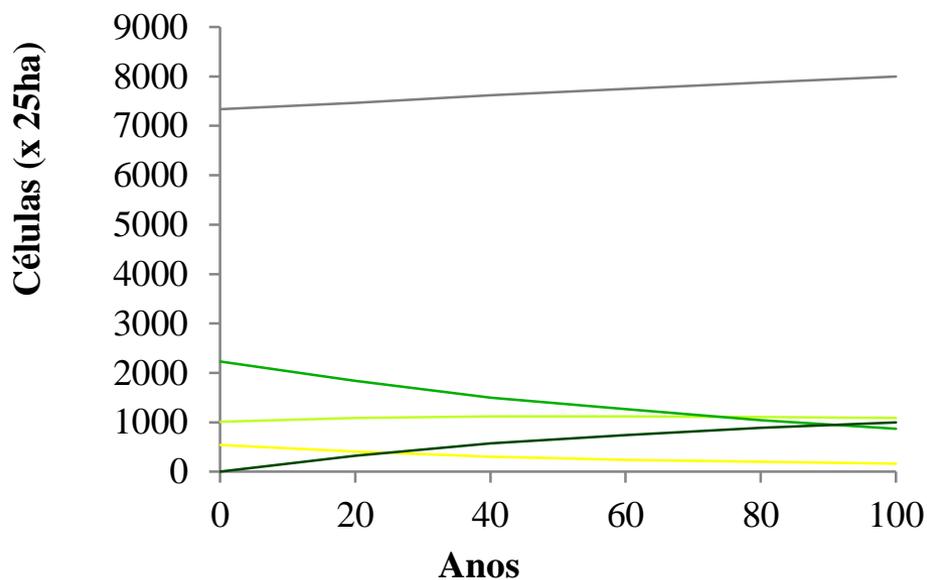


Figura 15, Cenário pessimista. a) Evolução das áreas com e sem cobertura florestal na Floresta Ombrófila Mista de Lages, em células de 25 ha, para os próximos 100 anos, dados em intervalos a cada 20 anos. b) Porcentagens de cada classe, por vintênio, em Lages, SC. Os números correspondem às seguintes classes e cores: 0 – cinza (desmatada); 1 – amarelo (pioneira); 2 – verde claro (secundária inicial); 3 – verde (secundária tardia); 4 – verde escuro (primária).

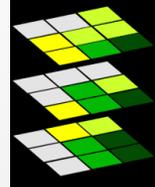
## 3

## Resultados

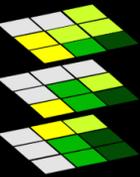
- Cenário pessimista. (Tabela 4).

Tabela 4. Cobertura e porcentagem de cobertura florestal por vintênio em Lages, SC, no cenário pessimista.

Classe	Número Classe		Ano					
			0	20	40	60	80	100
Não Floresta	0	Área (km <sup>2</sup> )	1833,50	1866,50	1904,25	1937,25	1968,50	2000,25
		Dif. (%) <sup>1</sup>		1,19%	1,36%	1,19%	1,12%	1,14%
Floresta	1	Área (km <sup>2</sup> )	<b>136,00</b>	<b>101,75</b>	<b>75,75</b>	<b>59,75</b>	<b>51,00</b>	<b>40,75</b>
		Dif. (%)		-1,23%	-0,94%	-0,58%	-0,31%	-0,37%
	2	Área (km <sup>2</sup> )	<b>252,00</b>	<b>271,25</b>	<b>280,75</b>	<b>280,50</b>	<b>277,00</b>	<b>271,50</b>
		Dif. (%)		0,69%	0,34%	-0,01%	-0,13%	-0,20%
	3	Área (km <sup>2</sup> )	558,25	459,25	375,25	317,50	261,00	217,50
		Dif. (%)		-3,56%	-3,02%	-2,08%	-2,03%	-1,56%
	4	Área (km <sup>2</sup> )	0,00	81,00	143,75	184,75	222,25	249,75
		Dif. (%)		2,91%	2,26%	1,47%	1,35%	0,99%
	Total 1 - 4	Área (km <sup>2</sup> )	946,25	913,25	875,50	842,50	811,25	779,50
		% Classe		34,04%	32,85%	31,50%	30,31%	29,18%



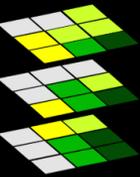
- O preenchimento de células **superestimou** a cobertura florestal de Lages;
- A **taxa de desmatamento** média de 0,022 % a.a. é **inferior** à taxa observada no estado de **São Paulo**, de 0,3 % a.a. (TEIXEIRA et al. 2009), como também é **inferior** à perda anual em toda a **América Latina**, de 0,38% a.a. (ACHARD et al. 2002) e **100 vezes menor** do que as taxas observadas ao longo do arco do desmatamento na região **Amazônica** (FERRAZ et al. 2005);
- A degradação foi desconsiderada da análise;
- A dinâmica de LUCC afeta a biodiversidade do ecossistema;



## 5

## Conclusões

- O cenário de perda de habitat pode levar a um **declínio da biodiversidade**, bem como da capacidade de **reposição** de áreas pioneiras;
- O cenário **otimista** proporciona um incremento de cobertura florestal em que a floresta é gradativamente **reestabelecida** e as taxas de todos os **grupos florestais** mantêm-se **equivalentes**;
- No caso **pessimista**, o atual quadro de **perda de habitat** e de **fragmentação** ocorre de forma **mais intensa**;
- O uso de **modelos** baseados em **autômatos celulares** para simular o comportamento de mudanças de coberturas florestais é útil para a **criação de cenários** destes processos de mudanças e, com isso, avaliar as possíveis **consequências** destes cenários no ecossistema.



## 5

# Referências

ACHARD, F.; EVA, H.D.; STIBIG, H.J.; MAYAUX, P.; GALLEGO, J.; RICHARDS, T.; MALINGREAU, J.P. Determination of deforestation rates of the world's humid tropical forests. **Science**, v. 297, p. 999–1002, 2002.

FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS (FAO). **State of the World's Forests**. Roma, 2012. 60p.

FERRAZ, S.F.B.; VETTORAZZI, C.A.; THEOBALD, D.M.; BALLESTER, M.V.R. Landscape dynamics of Amazonian deforestation between 1984 and 2002 in central Rondônia, Brazil: assessment and future scenarios. **Forest Ecology and Management**, v.204, p.67-83. 2005.

GALINDO-LEAL, C., CÂMARA, I.G., 2003. Atlantic Forest hotspot status: an overview. In: GALINDO-LEAL, C., CÂMARA, I.G. (Eds.), **The Atlantic Forest of South America: Biodiversity Status, Threats and Outlook**. CABS and Island Press, Washington, p 3–11. 2003.

GEIST, H.J.; LAMBIN, E.F. **What drives tropical deforestation?** A meta-analysis of proximate and underlying causes of deforestation based on subnational case study evidence. Louvain-la-Neuve: LUCC Report Series. No. 4. 2001. 116p.

LIRA, P.K.; TAMBOSI, L.R.; EWERS, R.M.; METZGER, J.P. Land-use and land-cover change in Atlantic Forest landscapes. **Forest Ecology and Management**, v. 278, p. 80–89, 2012.

PÉREZ-VEGA, A.; MAS, J.F.; ZIELINSKA, A.L. Comparing two approaches to land use/cover change modeling and their implications for the assessment of biodiversity loss in a deciduous tropical forest. **Environmental Modelling & Software**, v. 29, p. 11-23, 2012.

PIMM, S.L.; JENKINS, C.N.; ABELL, R.; BROOKS, T.M.; GITTLEMAN, J.L.; JOPPA, L.N.; RAVEN, P.H.; ROBERTS, C.M.; SEXTON, J.O. The biodiversity of species and their rates of extinction, distribution, and protection. **Science**, v. 344, p. 987-999, 2014.

RIBEIRO, M.C.; METZGER, J.P.; MARTENSEN, A.C.; PONZONI, F.J.; HIROTA, M.M. The Brazilian Atlantic Forest: How much is left, and how is the remaining forest distributed? Implications for conservation. **Biological Conservation**, v. 142, p. 1141–1153. 2009.

ROIK, M. **Dinâmica (2002-2011) e modelagem do incremento diamétrico em fragmento de Floresta Ombrófila Mista na Floresta Nacional de Irati, Paraná**. 158 f. (Dissertação) Mestrado em Ciências Florestais, Irati: Universidade Estadual do Centro-Oeste. Irati, 2012.

SOARES-FILHO, B.S.; CERQUEIRA, G.C.; PENNACHIN, C.L. DINAMICA – a stochastic cellular automata model designed to simulate the landscape dynamics in an Amazonian colonization frontier. **Ecological Modelling**, v. 154, p. 217–235, 2002.

TEIXEIRA, A.M.MG.; SOARES-FILHO, B.S.; FREITAS, S.R.; METZGER, J.P. Modeling landscape dynamics in an Atlantic Rainforest region: Implications for conservation. **Forest Ecology and Management**, v. 257, p. 1219–1230, 2009.

VIBRANS, A.C. et al. Using satellite image-based maps and ground inventory data to estimate the remaining Atlantic forest in the Brazilian state of Santa Catarina. **Remote Sensing of Environment**, v. 130, p. 87-95, 2013.

