



UNIVERSIDADE FEDERAL DO ESPÍRITO SANTO - UFES
CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS E ENGENHARIAS - CCAE
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA RURAL - ERU



RISCO DE LIXIVIAÇÃO DE AGROTÓXICOS EM ÁREAS DE APTIDÃO EDAFOCLIMÁTICA PARA A CULTURA DO EUCALIPTO NO ESTADO DO ESPÍRITO SANTO

Graduando: Samuel Ferreira da Silva
Orientador: Prof. Dr. Alexandre Rosa dos Santos

Alegre, ES
2018

INTRODUÇÃO

- Importância do gênero *Eucalyptus*:



- Movimenta **86 bilhões de reais por ano** no mundo com a produção de madeira e seus derivados (papel).



- Maior área plantada de eucaliptos do mundo (mais de **3 milhões de hectares**). Gera **4,23 milhões** de empregos.

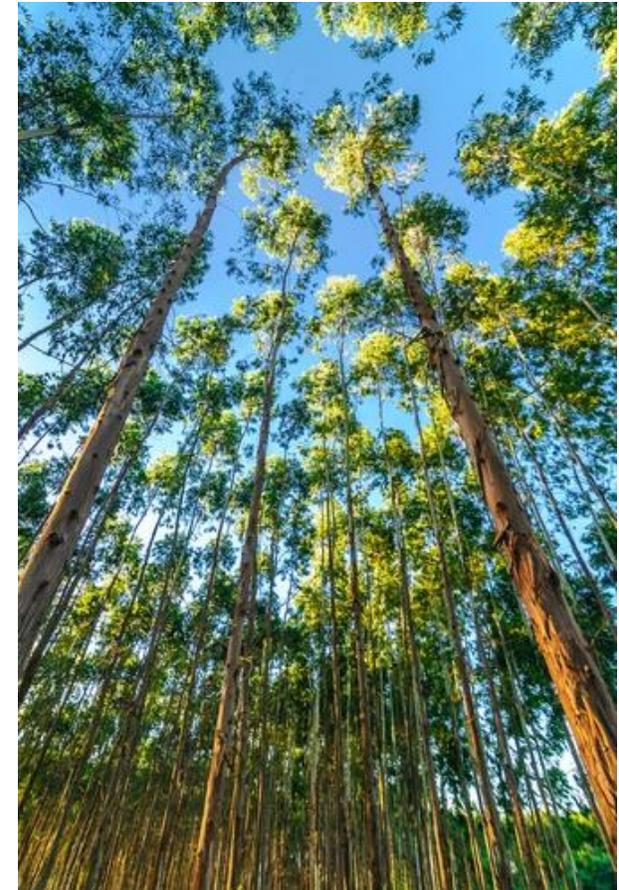


- **250 mil hectares** de eucalipto plantado no estado.



INTRODUÇÃO

- Principais espécies e híbrido cultivados no estado do ES:
 - *Corymbia citriodora*;
 - *Eucalyptus grandis*;
 - *Eucalyptus urophylla*; e,
 - *E. urophylla* x *E. grandis* (híbrido).



INTRODUÇÃO

➤ Fatores que influenciam no desenvolvimento do eucalipto:

➤ Clima.

➤ Tipos de Solos.

➤ Pragas, doenças e plantas daninhas (**controle químico**).

Áreas **edafoclimáticas** aptas para o cultivo da cultura.

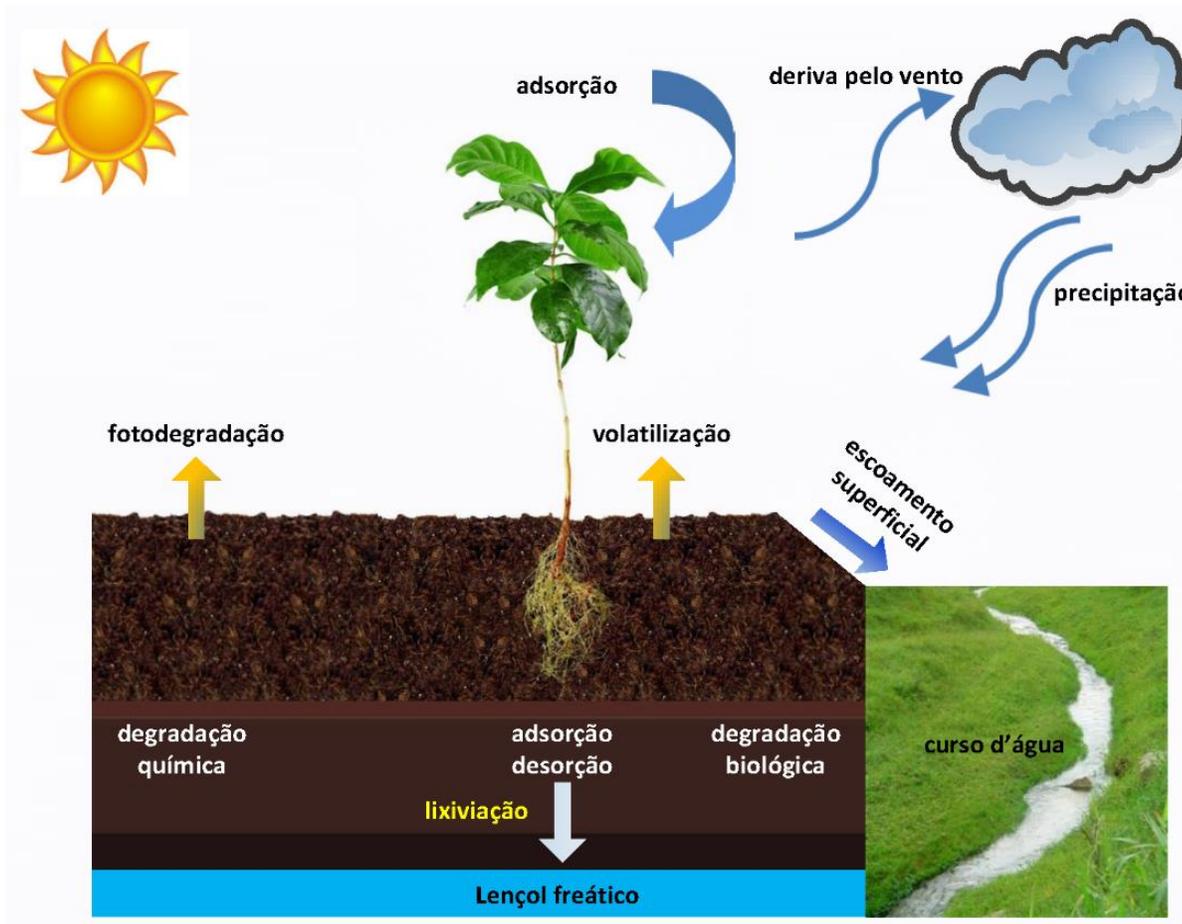


Uso inadequado acarreta lixiviação e contaminação das águas subterrâneas.



INTRODUÇÃO

➤ Lixiviação de agrotóxicos:



➤ Métodos para avaliar o potencial risco de lixiviação de agrotóxicos:

GUS: Gustafson (1989).

LIX: Spadotto (2002).

RF/AF: Rao et al. (1985).

Fonte: Santos (2017).



OBJETIVOS

➤ **Geral:**

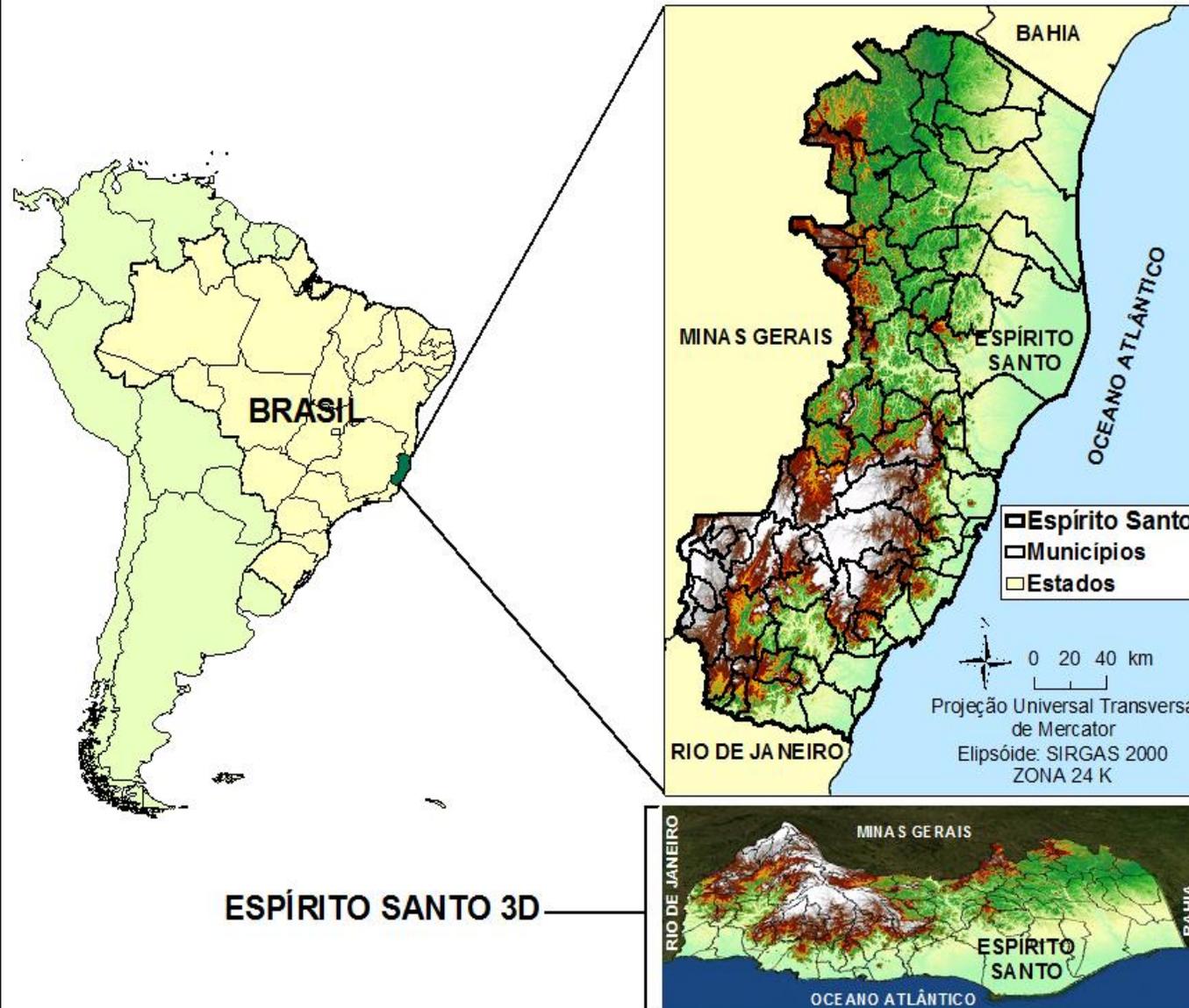
- Avaliar o potencial risco de lixiviação de agrotóxicos em áreas de aptidão edafoclimática para a cultura do eucalipto no estado do Espírito Santo.

➤ **Específicos:**

- Definir as áreas de aptidão edafoclimática para cultivo do eucalipto no estado do ES.
- Avaliar o potencial risco de lixiviação dos princípios ativos de agrotóxicos nas áreas aptas para cultivo da cultura por meio dos métodos GUS, LIX e RF/AF.



MATERIAL E MÉTODOS



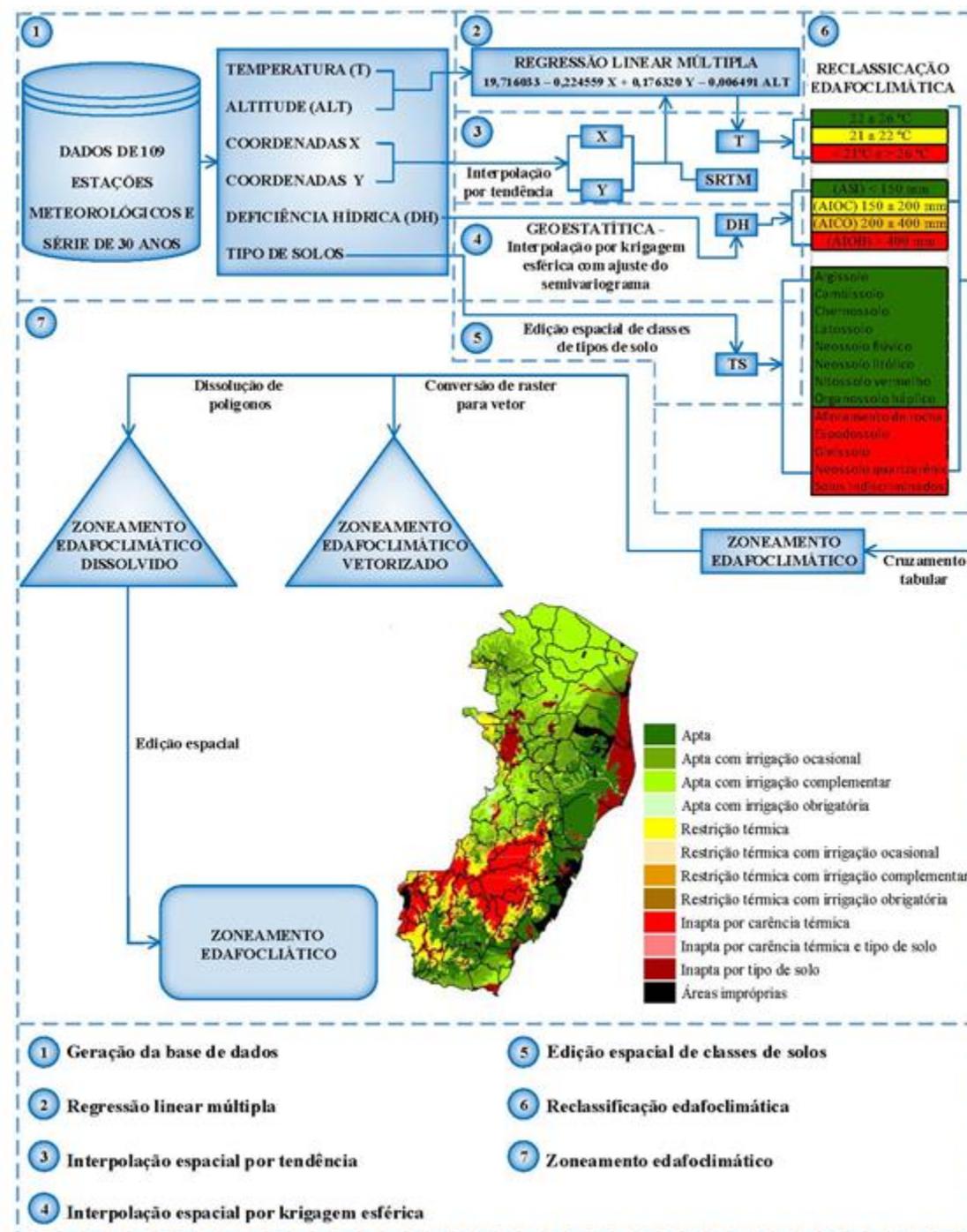
➤ **ÁREA:** 45.987,58 km².

➤ **MUNICÍPIOS:** 78.

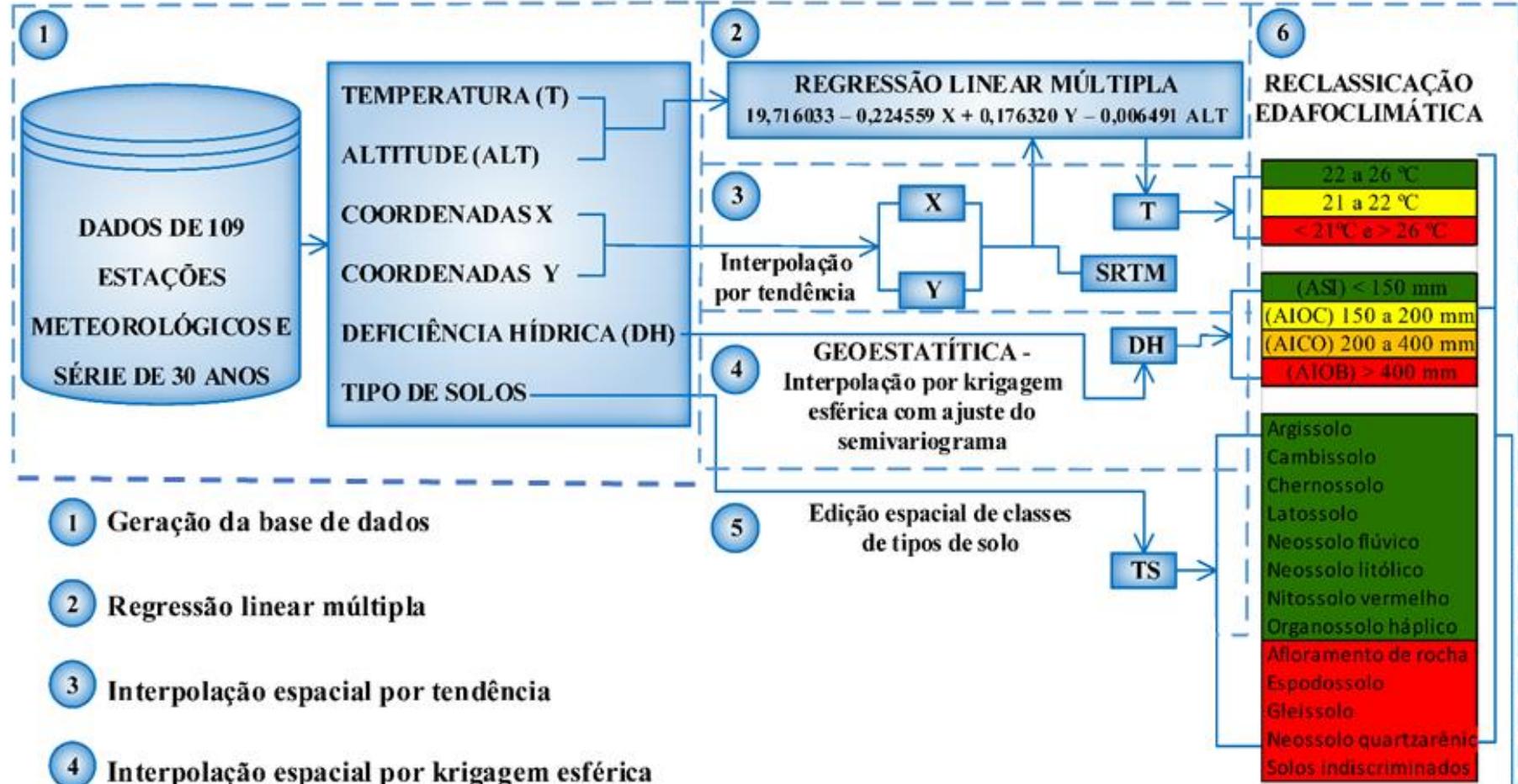
➤ **CLIMA:** tropical úmido, com temperaturas médias anuais de 23,91 °C e volume de precipitação média anual de 1240 mm.

MATERIAL E MÉTODOS

- Zoneamento edafoclimático.
- Programa: ArcGIS®.
- Espacialização das variáveis climáticas.
- Tipos de solos com base na EMBRAPA.



MATERIAL E MÉTODOS



- 1 Geração da base de dados
- 2 Regressão linear múltipla
- 3 Interpolação espacial por tendência
- 4 Interpolação espacial por krigagem esférica
- 5 Edição espacial de classes de solos
- 6 Reclassificação edafoclimática para a cultura

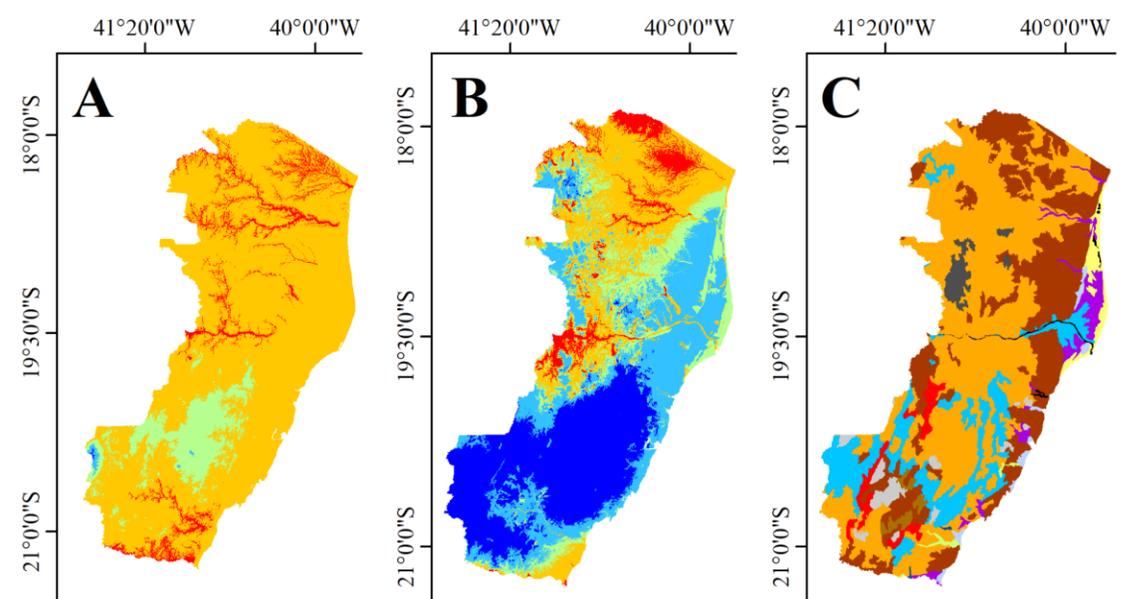
CCAF





MATERIAL E MÉTODOS

➤ Variáveis edafoclimáticas para o estado do Espírito Santo.



Váriaveis Edafoclimáticas para o Estado do Espírito Santo, Brasil

Legenda (A) Temperatura (°C)		Legenda (B) Deficiência Hídrica (mm)	
	6,4 - 10		0 - 50
	10 - 15		50 - 150
	15 - 20		150 - 200
	20 - 25		200 - 300
	25 - 26		300 - 565
Legenda		(C) Tipos de Solos	
	Afloramento de rocha		Neossolo flúvico
	Argissolo		Neossolo litólico
	Cambissolo		Neossolo quartzarênico
	Chernossolo		Nitossolo vermelho
	Espodossolo		Organossolo háplico
	Gleissolo		Solos indiscriminados
	Latossolo		



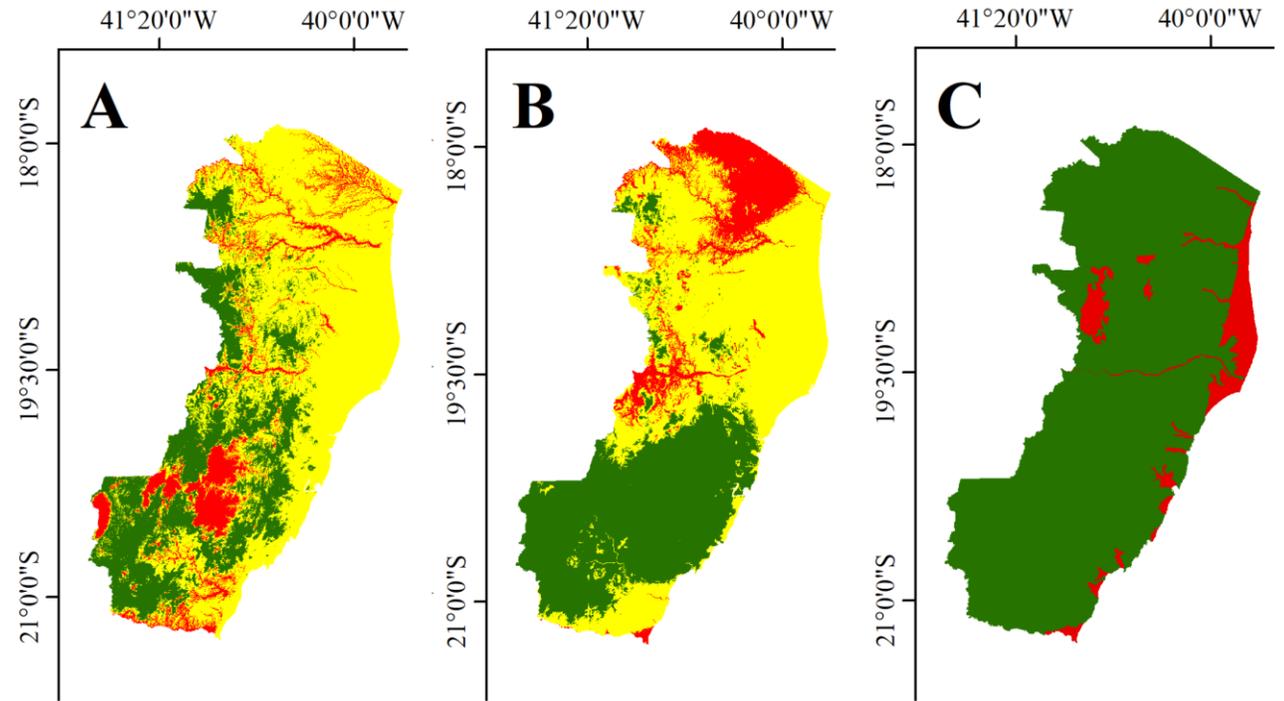
0 50 100 km

Sistema de Coordenadas Geográficas
Datum: WGS 84

MATERIAL E MÉTODOS

➤ Classes de aptidão edafoclimática para a cultura do eucalipto no estado do Espírito Santo.

➤ *Corymbia citriodora*.



Classes de aptidão para a cultura do Eucalipto (*Corimbia citriodora*)

Legenda	Classes	(A) Temperatura (°C)
	Apta	20 a 24
	Restrita	19 a 20 e 24 a 25
	Inapta	< 19 e > 25
Legenda	Classes	(B) Deficiência Hídrica (mm)
	Apta Sem Irrigação (ASI)	< 90
	Apta com Irrigação Ocasional (AIOC)	90 a 270
	Apta com Irrigação Obrigatória (AIOB)	> 270
Legenda	Classes	(C) Tipos de Solos
	Apta	Argissolo, Cambissolo, Chernossolo, Latossolo, Neossolo flúvico, Neossolo litólico, Nitossolo vermelho e Organossolo háplico
	Inapta	Afloramento de rocha, Espodossolo, Gleissolo, Neossolo quartzarênico, Solos indiscriminados



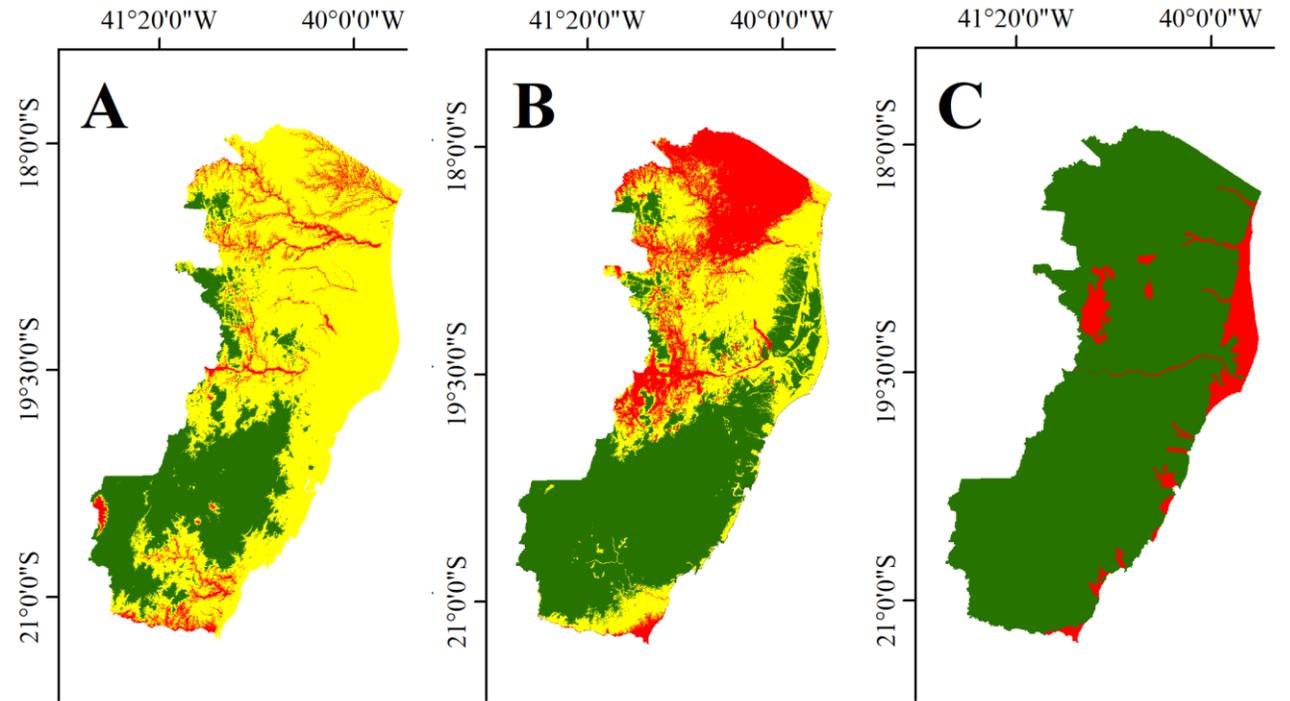
0 50 100 km

Sistema de Coordenadas Geográficas
Datum: WGS 84

MATERIAL E MÉTODOS

➤ Classes de aptidão edafoclimática para a cultura do eucalipto no estado do Espírito Santo.

➤ *Eucalyptus grandis*.



Classes de aptidão para a cultura do Eucalipto (*Eucalyptus grandis*)

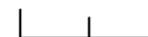
Legenda	Classes	(A) Temperatura (°C)
	Apta	17 a 23
	Restrita	15 a 17 e 23 a 25
	Inapta	< 15 e > 25

Legenda	Classes	(B) Deficiência Hídrica (mm)
	Apta Sem Irrigação (ASI)	< 120
	Apta com Irrigação Ocasional (AIOC)	120 a 240
	Apta com Irrigação Obrigatória (AIOB)	> 240

Legenda	Classes	(C) Tipos de Solos
	Apta	Argissolo, Cambissolo, Chernossolo, Latossolo, Neossolo flúvico, Neossolo litólico, Nitossolo vermelho e Organossolo háplico
	Inapta	Afloramento de rocha, Espodossolo, Gleissolo, Neossolo quartzarênico, Solos indiscriminados



0 50 100 km

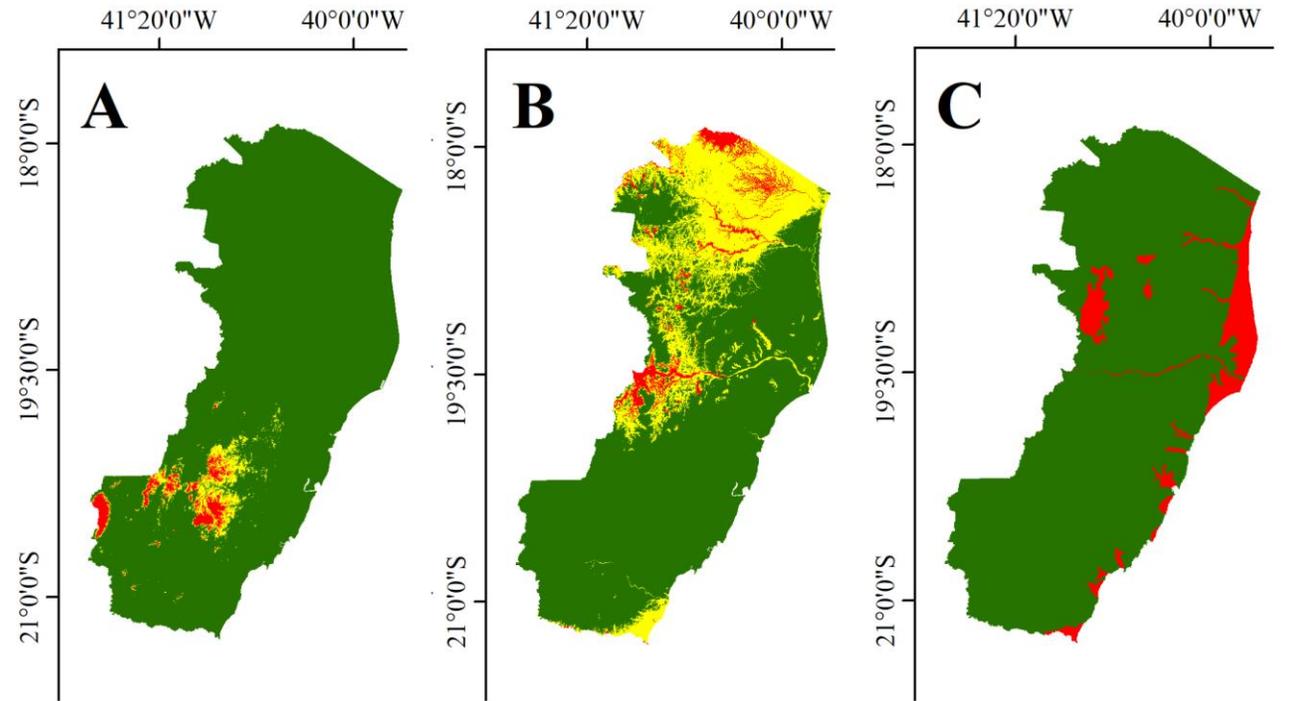


Sistema de Coordenadas Geográficas
Datum: WGS 84

MATERIAL E MÉTODOS

➤ Classes de aptidão edafoclimática para a cultura do eucalipto no estado do Espírito Santo.

➤ *Eucalyptus urophylla*.



Classes de aptidão para a cultura do Eucalipto (*Eucalyptus urophylla*)

Legenda	Classes	(A) Temperatura (°C)
	Apta	19 a 26
	Restrita	18 a 19 e 26 a 27
	Inapta	< 18 e > 27
Legenda	Classes	(B) Deficiência Hídrica (mm)
	Apta Sem Irrigação (ASI)	< 210
	Apta com Irrigação Ocasional (AIOC)	210 a 310
	Apta com Irrigação Obrigatória (AIOB)	> 310
Legenda	Classes	(C) Tipos de Solos
	Apta	Argissolo, Cambissolo, Chernossolo, Latossolo, Neossolo flúvico, Neossolo litólico, Nitossolo vermelho e Organossolo háplico
	Inapta	Afloramento de rocha, Espodossolo, Gleissolo, Neossolo quartzarênico, Solos indiscriminados



0 50 100 km



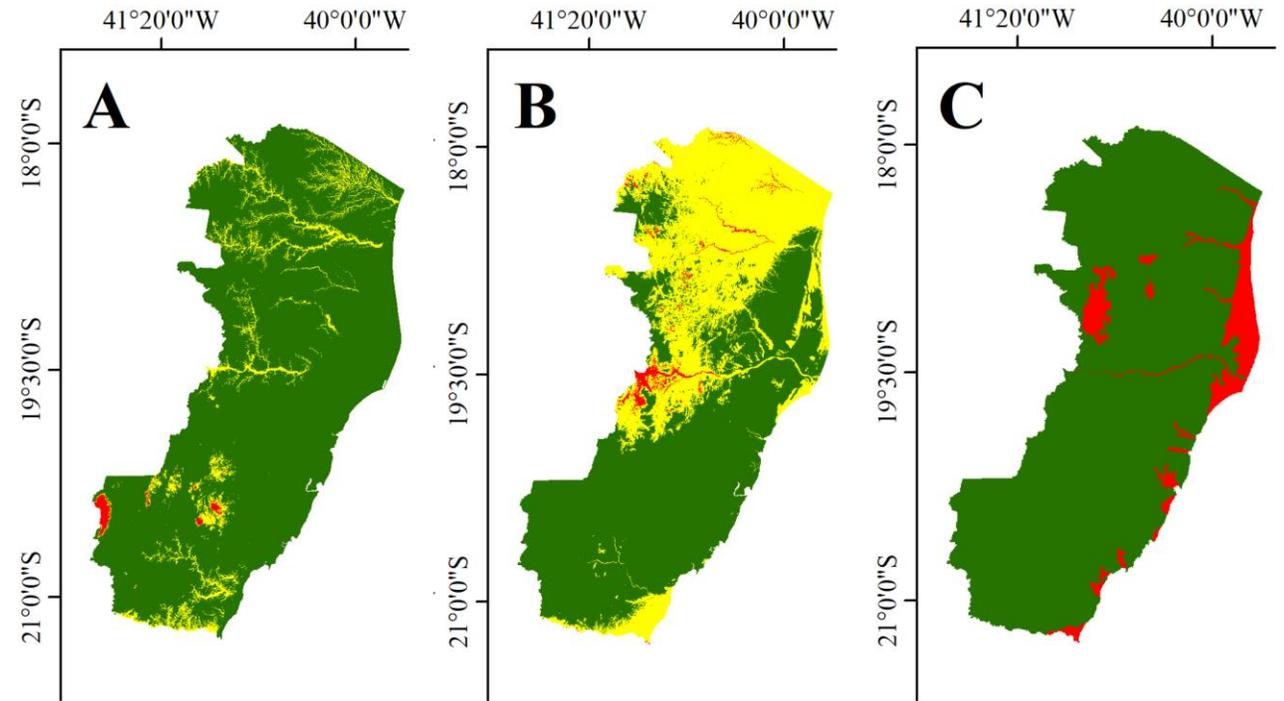
Sistema de Coordenadas Geográficas
Datum: WGS 84



MATERIAL E MÉTODOS

➤ Classes de aptidão edafoclimática para a cultura do eucalipto no estado do Espírito Santo.

➤ *E. urophylla* x *E. grandis*.



Classes de aptidão para a cultura do Eucalipto (*E. urophylla* x *E. grandis*)

Legenda	Classes	(A) Temperatura (°C)
	Apta	18 a 25
	Restrita	17 a 18 e 25 a 26
	Inapta	< 17 e > 26
Legenda	Classes	(B) Deficiência Hídrica (mm)
	Apta Sem Irrigação (ASI)	< 170
	Apta com Irrigação Ocasional (AIOC)	170 a 340
	Apta com Irrigação Obrigatória (AIOB)	> 340
Legenda	Classes	(C) Tipos de Solos
	Apta	Argissolo, Cambissolo, Chernossolo, Latossolo, Neossolo flúvico, Neossolo litólico, Nitossolo vermelho e Organossolo háplico
	Inapta	Afloramento de rocha, Espodossolo, Gleissolo, Neossolo quartzarênico, Solos indiscriminados



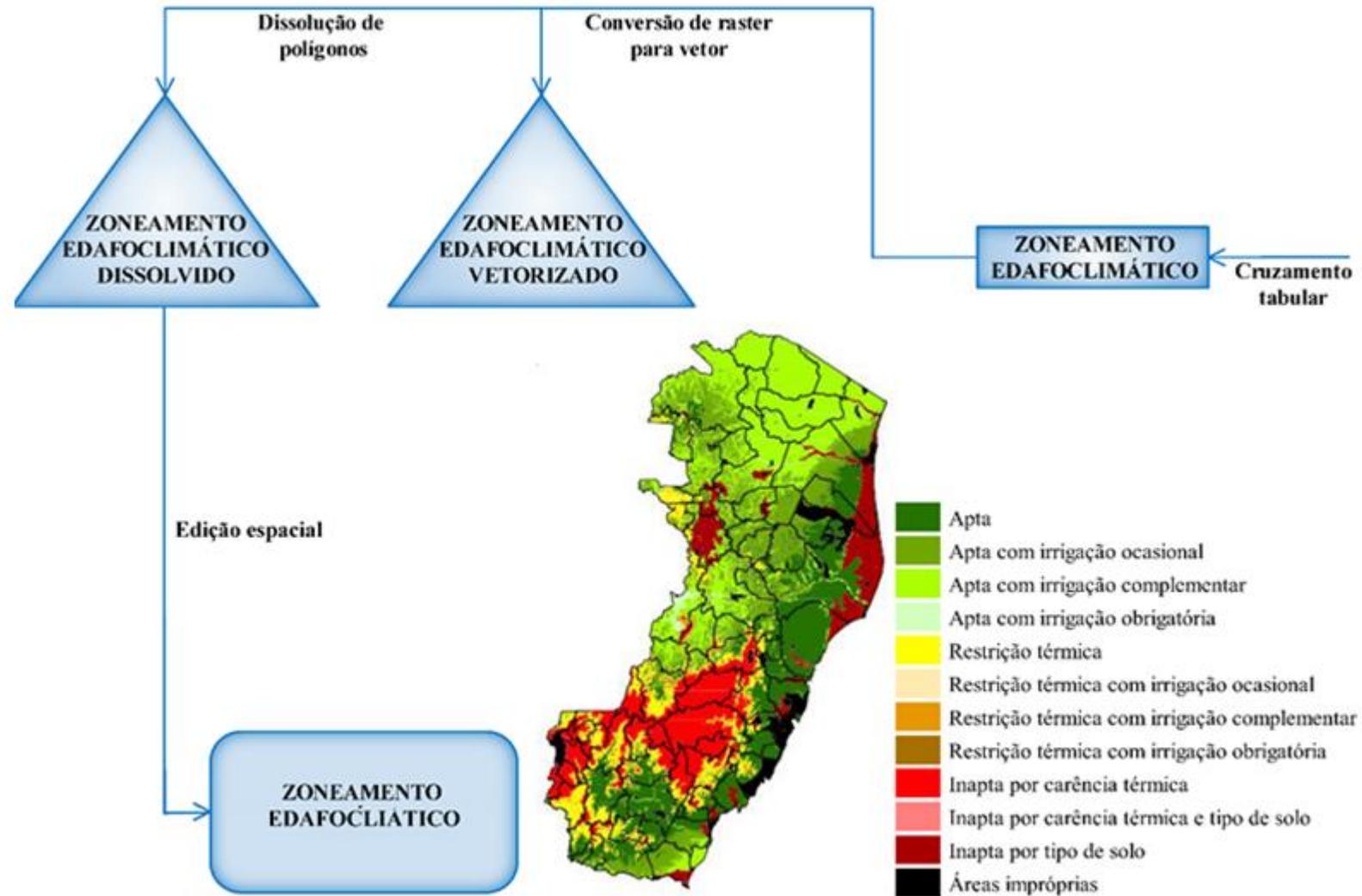
0 50 100 km



Sistema de Coordenadas Geográficas
Datum: WGS 84



MATERIAL E MÉTODOS



MATERIAL E MÉTODOS

- Avaliar o potencial risco de lixiviação dos princípios ativos de agrotóxicos empregando os métodos **RF/AF** nas **áreas aptas**:
 - Estimar o **FATOR DE RETARDO** da lixiviação (adsorção) do composto orgânico relativo à percolação da água (**RF**).
 - Estimar o **FATOR DE ATENUAÇÃO** por meio do aporte relativo da massa de um composto orgânico na água subterrânea (**AF**).

Fonte: Rao et al. (1985)



MATERIAL E MÉTODOS

➤ Fator de Retardo (RF):

$$RF = 1 + \left(\frac{\rho \cdot OC \cdot K_{oc}}{FC} \right) + \left(\frac{\delta \cdot K_H}{FC} \right)$$

Densidade do solo
Teor de carbono orgânico no solo
Capacidade de campo
Densidade do solo
Coeficiente de partição ar-água
Capacidade de campo



MATERIAL E MÉTODOS

➤ Fator de Atenuação (AF):

$$AF = \exp\left(\frac{-0,693 \cdot L \cdot RF \cdot FC}{q \cdot t^{1/2}}\right)$$

Recarga de água subterrânea
Profundidade da água subterrânea
Fator de retardação
Meia vida
Capacidade de armazenamento do solo



MATERIAL E MÉTODOS

- Classificação dos resultados (RF/AF):

Fator de Retardo (RF)	Potencial de adsorção	Fator de Atenuação (AF)	Potencial de lixiviação
1,0	Muito baixo	0,0	Nulo
1,0 a 2,0	Baixo	0,0 a 0,0001	Muito baixo
2,0 a 3,0	Médio	0,0001 a 0,01	Baixo
3,0 a 10,0	Alto	0,01 a 0,1	Médio
> 10,0	Muito alto	0,1 a 0,25	Alto
-	-	0,25 a 1,0	Muito alto



MATERIAL E MÉTODOS

- Variáveis utilizadas para estimar a lixiviação dos princípios ativos de agrotóxicos:

Agrotóxicos	$t_{1/2}$	K _{oc}	K	K _H
Clorfenapir ¹	1,40	12.000,00	0,4951051290	0,0005810000
Flumioxazina ¹	21,90	889,00	0,0316505562	0,1450000000
Glifosato ¹	15,00	1.424,00	0,0462098120	0,0000002100
Indaziflam ¹	150,00	1.000,00	0,0046209812	0,0000026900
Isoxaflutol ¹	0,90	145,00	0,7701635340	0,0000187000
Pendimetalina ¹	182,30	17.491,00	0,0038022336	1,2700000000
Piraclostrobina ¹	32,00	9.304,00	0,0216608494	0,0000053100
Sulfentrazone ^{1,2}	541,00	43,00	0,0012812332	0,0001878000
Tiametoxam ¹	50,00	56,20	0,0138629436	0,0000000005
Triclopir ¹	39,00	27,00	0,0177730046	0,0029000000

Fonte: ¹IUPAC (2018) e ²Lourencetti et al. (2005). $t_{1/2}$: tempo de meia-vida do agrotóxico no solo (dias⁻¹); K_{oc}: coeficiente de adsorção à matéria orgânica do solo (mL g⁻¹); k: constante de velocidade de reação de primeira ordem do agrotóxico ($k=\ln 2/ t_{1/2}$) (dias⁻¹); K_H: constante de Henry (m³ mol⁻¹).



MATERIAL E MÉTODOS

- Propriedades físico-químicas dos tipos de solos aptos utilizados nos estudos:

Solos	F _c	<i>p</i>	OC	<i>g</i>
Argissolo ¹	0,2950	1,5875	0,0263	0,5875
Cambissolo ²	0,4685	1,4000	0,0296	0,4763
Chernossolo ^{3,4}	0,1540	1,4200	0,0218	0,4800
Latossolo ¹	0,2625	1,2625	0,0194	0,5875
Neossolo flúvico ⁵	0,2027	1,3700	0,0088	0,4450
Neossolo litólico ⁶	0,2637	1,6900	0,0024	0,3500
Nitossolo vermelho ¹	0,3250	1,2625	0,0225	0,6375
Organossolo háplico ⁷	0,2080	0,2660	0,3738	0,8900

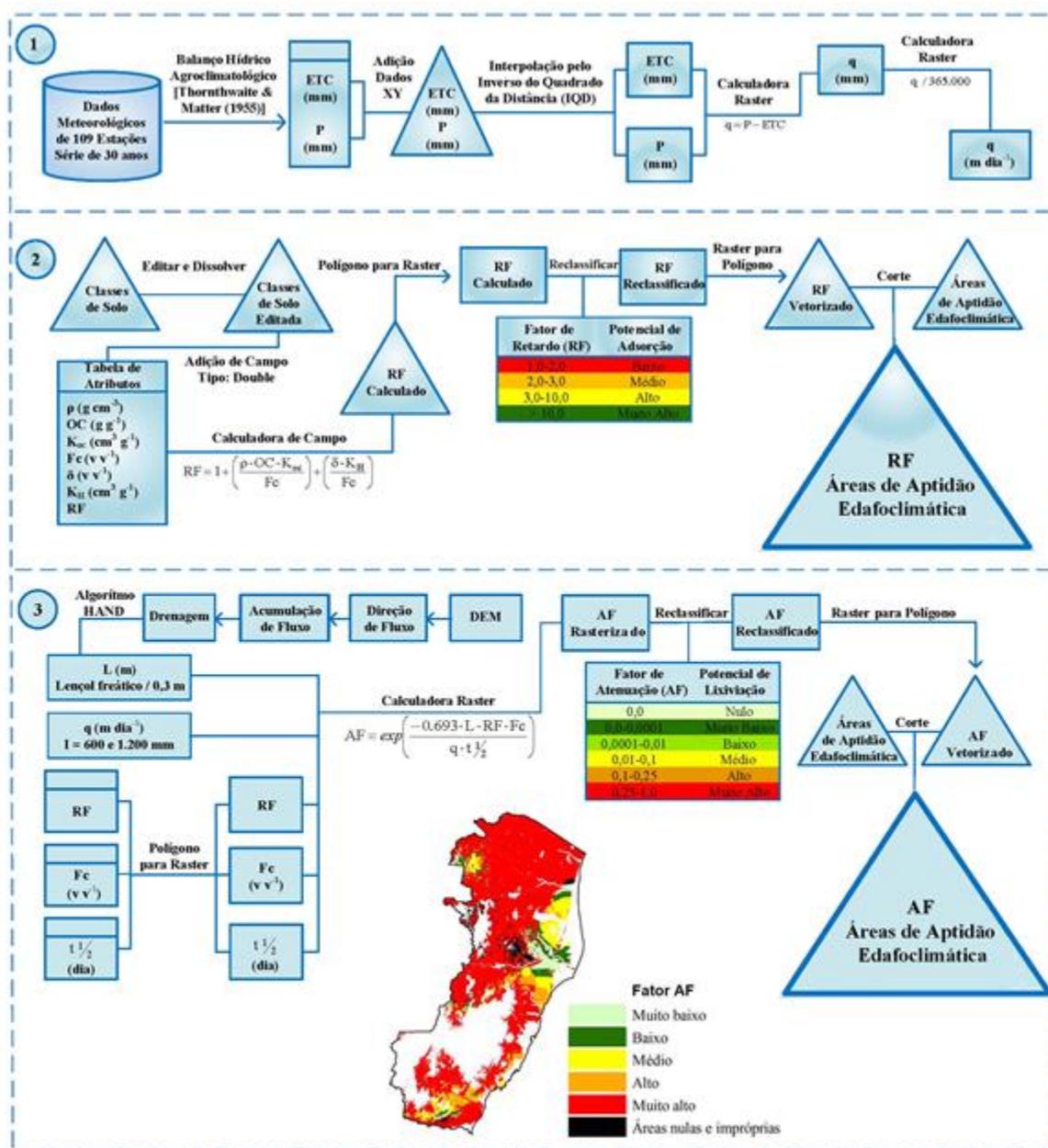
Fonte: ¹Gomes et al. (2001); ²Portugal et al. (2008); ³Alvez et al. (2014); ⁴Bonumá et al. (2014); ⁵Coelho et al. (2008); ⁶Parahyba (2013) e ⁷Scheer et al. (2011). F_c: capacidade de campo do solo (v v⁻¹); *p*: densidade do solo (g cm⁻³); OC: teor de carbono orgânico do solo (g g⁻¹); *g*: porosidade do solo na capacidade de campo (v v⁻¹).



MATERIAL E MÉTODOS

➤ Espacialização do potencial risco de lixiviação nas áreas de aptidão para a cultura empregando o método RF/AF.

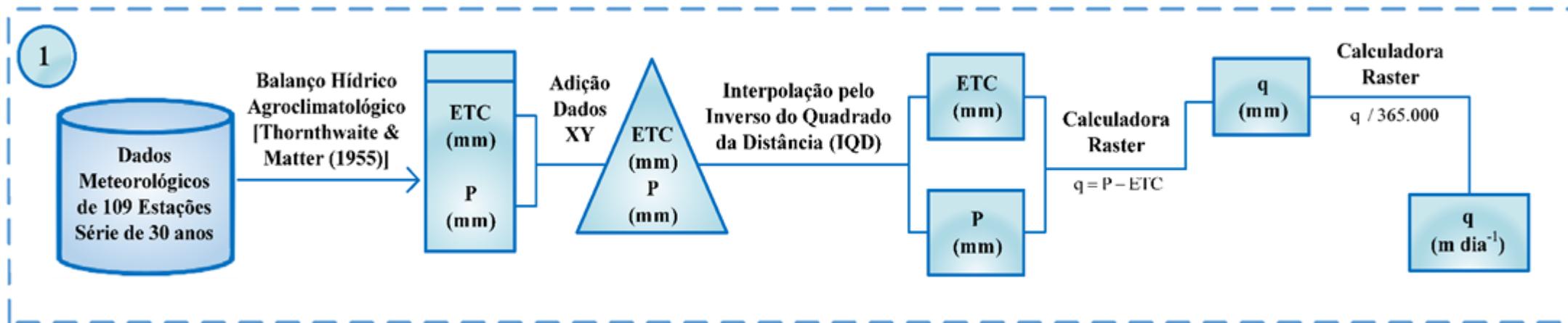
➤ Programa: ArcGIS®.



- 1 Etapa 1 - Distribuição espacial da taxa de recarga hídrica da água superficial.
- 2 Etapa 2 - Distribuição espacial do fator de retardamento do movimento do pesticida no solo.
- 3 Etapa 3 - Distribuição espacial do fator de atenuação do pesticida no solo.

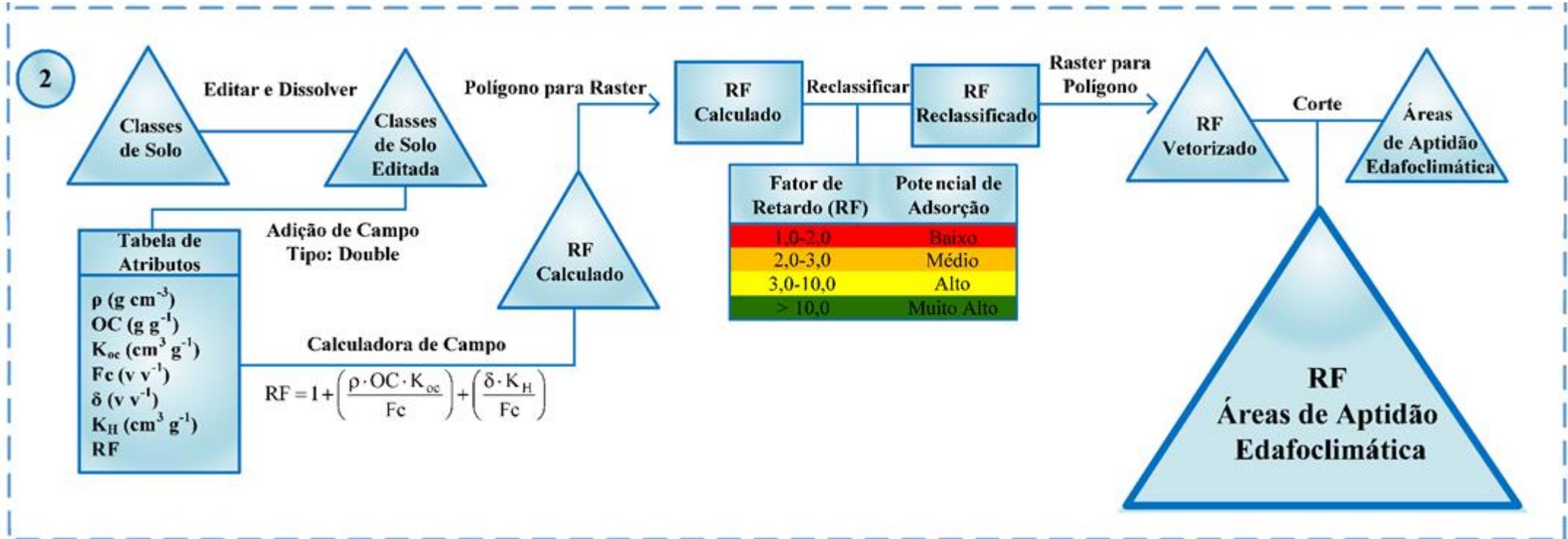
MATERIAL E MÉTODOS

1) Distribuição espacial da taxa de recarga hídrica da água superficial:



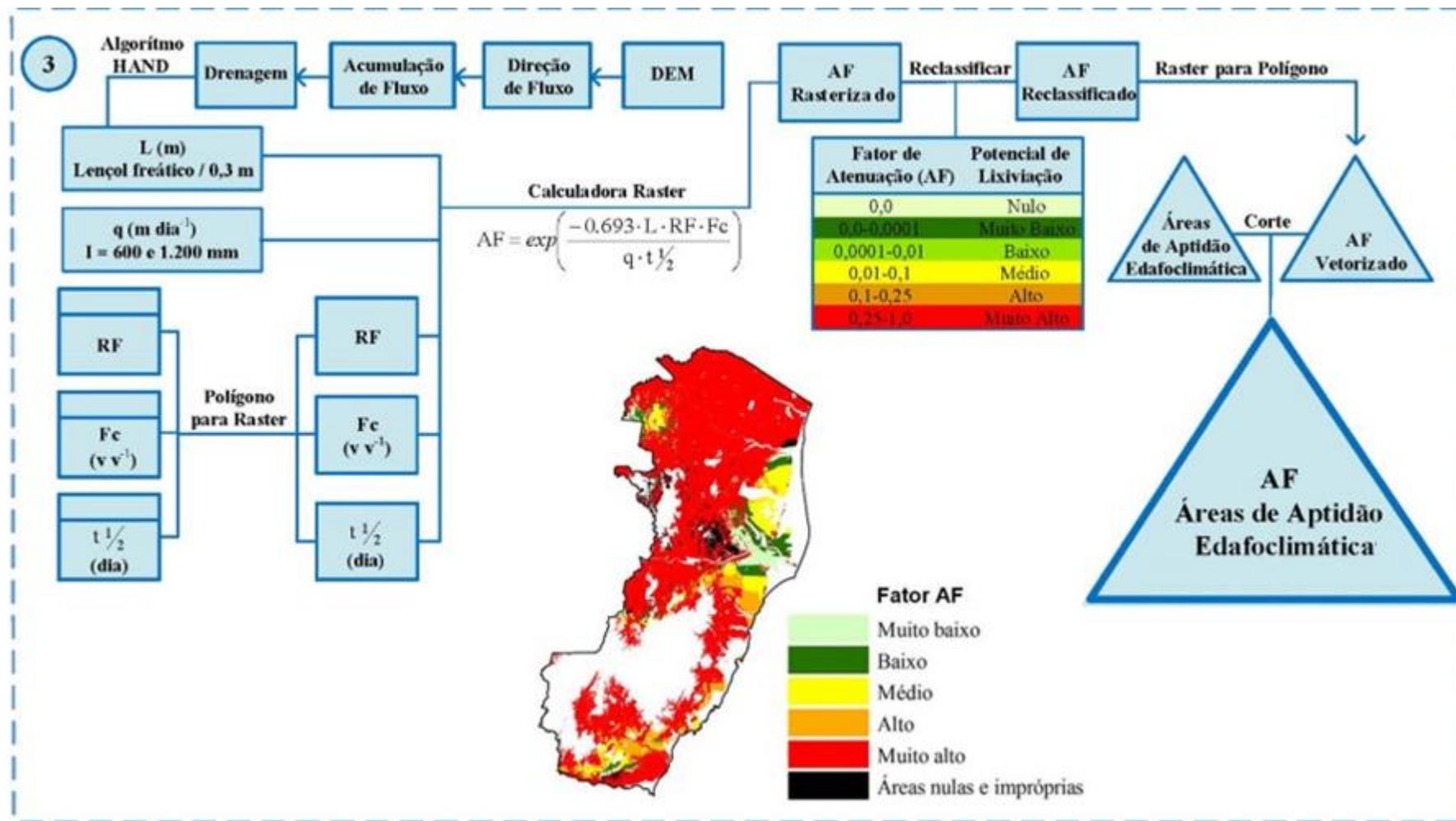
MATERIAL E MÉTODOS

2) Distribuição espacial do Fator de Retardo do movimento do agrotóxico no solo (RF):



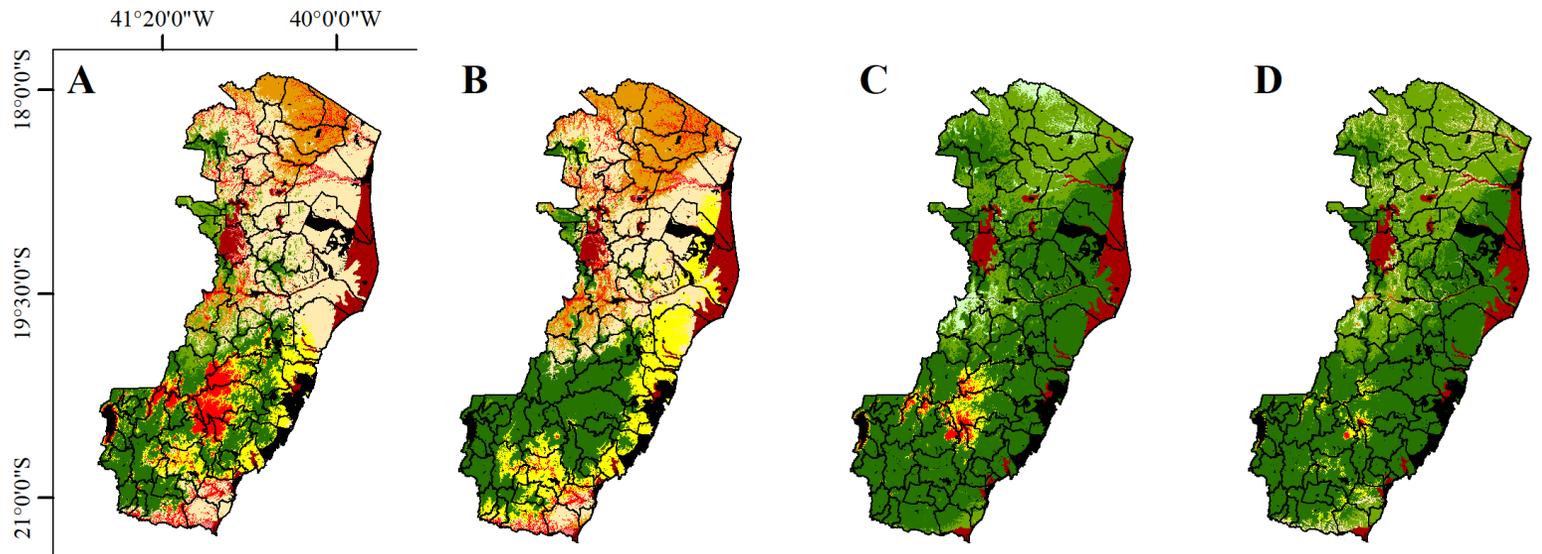
MATERIAL E MÉTODOS

3) Distribuição espacial do Fator de Atenuação do agrotóxico no solo (AF):



RESULTADOS E DISCUSSÃO

➤ **Zoneamento edafoclimático para a cultura do eucalipto no estado do ES.**



Legenda	Classes de Aptidão	A (CC)		B (EG)		C (EU)		D (EE)	
		Área (km ²)	%						
	Apta	8.731,49	18,99	12.125,35	26,37	26.156,19	56,88	23.062,25	50,15
	Apta com irrigação ocasional	3.359,45	7,31	702,38	1,53	10.178,44	22,13	13.687,97	29,76
	Apta com irrigação obrigatória	110,92	0,24	25,01	0,05	1.738,94	3,78	319,01	0,69
	Restrição térmica	4.672,34	10,16	6.705,82	14,58	1.514,49	3,29	999,18	2,17
	Restrição térmica com irrigação ocasional	14.509,24	31,55	11.276,49	24,52	-	-	1.896,88	4,12
	Restrição térmica com irrigação obrigatória	4.171,30	9,07	6.973,19	15,16	-	-	278,08	0,60
	Inapta por carência térmica	4.779,87	10,39	2.526,37	5,49	746,55	1,62	91,24	0,20
	Inapta por carência térmica e tipo de solo	224,39	0,49	224,39	0,49	-	-	-	-
	Inapta por tipo de solo	2.764,46	6,01	2.764,46	6,01	2.988,85	6,50	2.988,85	6,50
	Áreas impróprias	2.664,32	5,79	2.664,32	5,79	2.664,32	5,79	2.664,32	5,79
Total		45.987,78	100,00	45.987,78	100,00	45.987,78	100,00	45.987,78	100,00

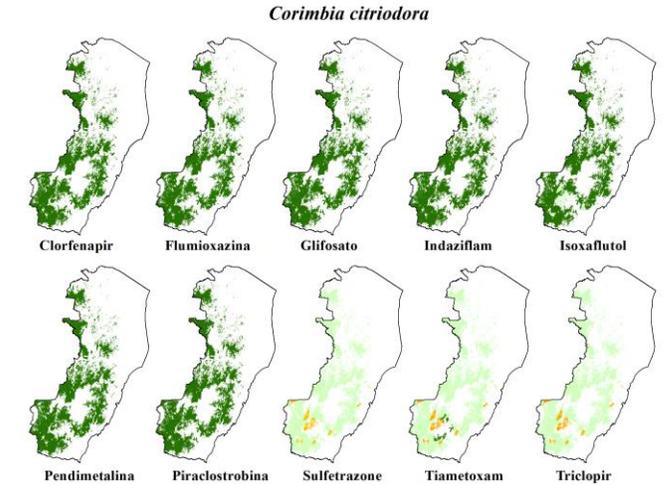


0 100 200 km

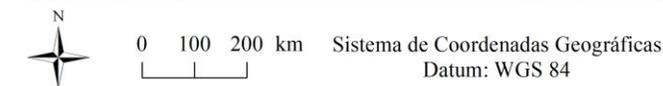
Sistema de Coordenadas Geográficas
Datum: WGS 84

RESULTADOS E DISCUSSÃO

➤ **Fator de Retardo (RF)** dos princípios ativos de Agrotóxicos para a cultura do eucalipto no estado do ES (*Corymbia citriodora*).



Agrotóxicos	Fator de Retardo (RF)										Total (km ²)
	Muito baixo ≤ 1,0		Baixo 1,0 a 2,0		Médio 2,0 a 3,0		Alto 3,0 a 10,0		Muito Alto > 10,0		
	Área (km ²)	%	Área (km ²)	%	Área (km ²)	%	Área (km ²)	%	Área (km ²)	%	
Clorfenapir	-	-	-	-	-	-	-	-	12.201,86	100,00	-
Flumioxazina	-	-	-	-	-	-	-	-	12.201,86	100,00	-
Glifosato	-	-	-	-	-	-	-	-	12.201,86	100,00	-
Indaziflam	-	-	-	-	-	-	-	-	12.201,86	100,00	-
Isoxaflutol	-	-	-	-	-	-	560,82	4,60	11.641,04	95,40	12.201,86
Pendimetalina	-	-	-	-	-	-	-	-	12.201,86	100,00	-
Piraclostrobina	-	-	-	-	-	-	-	-	12.201,86	100,00	-
Sulfentrazone	-	-	560,21	4,59	-	-	11.641,65	95,41	-	-	-
Tiametoxam	-	-	560,21	4,59	-	-	11.390,30	93,35	251,35	2,06	-
Triclopir	-	-	560,21	4,59	0,61	0,01	11.641,04	95,40	-	-	-

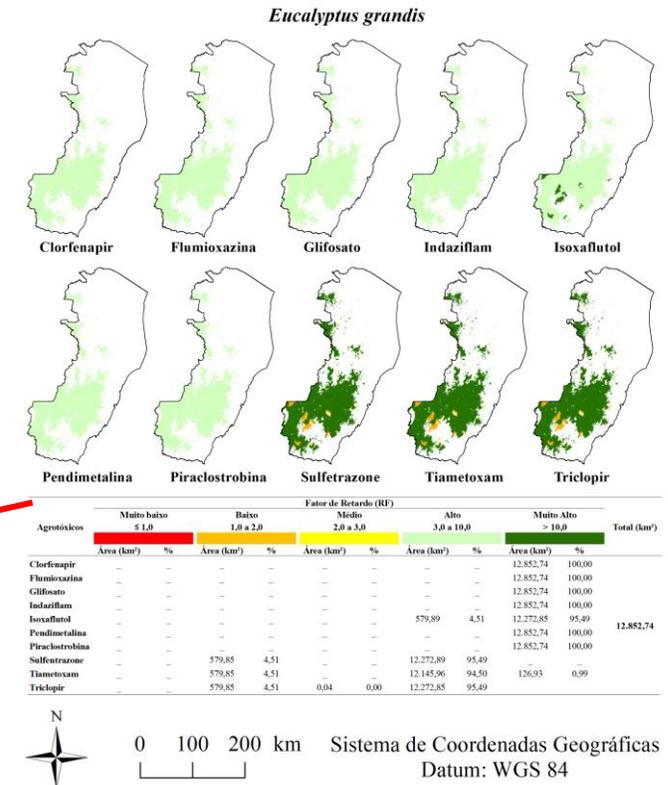


Agrotóxicos	Fator de Retardo (RF)										Total (km ²)
	Muito baixo ≤ 1,0		Baixo 1,0 a 2,0		Médio 2,0 a 3,0		Alto 3,0 a 10,0		Muito Alto > 10,0		
	Área (km ²)	%	Área (km ²)	%	Área (km ²)	%	Área (km ²)	%	Área (km ²)	%	
Clorfenapir	-	-	-	-	-	-	-	-	12.201,86	100,00	-
Flumioxazina	-	-	-	-	-	-	-	-	12.201,86	100,00	-
Glifosato	-	-	-	-	-	-	-	-	12.201,86	100,00	-
Indaziflam	-	-	-	-	-	-	-	-	12.201,86	100,00	-
Isoxaflutol	-	-	-	-	-	-	560,82	4,60	11.641,04	95,40	12.201,86
Pendimetalina	-	-	-	-	-	-	-	-	12.201,86	100,00	-
Piraclostrobina	-	-	-	-	-	-	-	-	12.201,86	100,00	-
Sulfentrazone	-	-	560,21	4,59	-	-	11.641,65	95,41	-	-	-
Tiametoxam	-	-	560,21	4,59	-	-	11.390,30	93,35	251,35	2,06	-
Triclopir	-	-	560,21	4,59	0,61	0,01	11.641,04	95,40	-	-	-



RESULTADOS E DISCUSSÃO

➤ **Fator de Retardo (RF)** dos princípios ativos de Agrotóxicos para a cultura do eucalipto no estado do ES (*Eucalyptus grandis*).

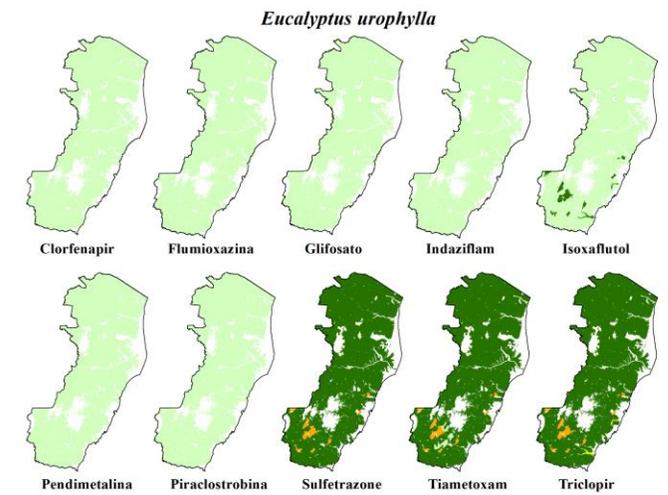


Agrotóxicos	Fator de Retardo (RF)										Total (km²)
	Muito baixo ≤ 1,0		Baixo 1,0 a 2,0		Médio 2,0 a 3,0		Alto 3,0 a 10,0		Muito Alto > 10,0		
	Área (km²)	%	Área (km²)	%	Área (km²)	%	Área (km²)	%	Área (km²)	%	
Clorfenapir	-	-	-	-	-	-	-	-	12.852,74	100,00	
Flumioxazina	-	-	-	-	-	-	-	-	12.852,74	100,00	
Glifosato	-	-	-	-	-	-	-	-	12.852,74	100,00	
Indaziflam	-	-	-	-	-	-	-	-	12.852,74	100,00	
Isoxaflutol	-	-	-	-	-	-	579,89	4,51	12.272,85	95,49	
Pendimetalina	-	-	-	-	-	-	-	-	12.852,74	100,00	12.852,74
Piraclostrobina	-	-	-	-	-	-	-	-	12.852,74	100,00	
Sulfentrazone	-	-	579,85	4,51	-	-	12.272,89	95,49	-	-	
Tiametoxam	-	-	579,85	4,51	-	-	12.145,96	94,50	126,93	0,99	
Triclopir	-	-	579,85	4,51	0,04	0,00	12.272,85	95,49	-	-	



RESULTADOS E DISCUSSÃO

➤ **Fator de Retardo (RF)** dos princípios ativos de Agrotóxicos para a cultura do eucalipto no estado do ES (*Eucalyptus urophylla*).



Agrotóxicos	Fator de Retardo (RF)										Total (km ²)
	Muito baixo ≤ 1,0		Baixo 1,0 a 2,0		Médio 2,0 a 3,0		Alto 3,0 a 10,0		Muito Alto > 10,0		
	Área (km ²)	%	Área (km ²)	%	Área (km ²)	%	Área (km ²)	%	Área (km ²)	%	
Clorfenapir	—	—	—	—	—	—	—	—	38.073,57	100,00	38.073,57
Flumioxazina	—	—	—	—	—	—	—	—	38.073,57	100,00	
Glifosato	—	—	—	—	—	—	—	—	38.073,57	100,00	
Indaziflam	—	—	—	—	—	—	—	—	38.073,57	100,00	
Isoxaflutol	—	—	—	—	—	—	963,63	2,53	37.109,94	97,47	
Pendimetalina	—	—	—	—	—	—	—	—	38.073,57	100,00	
Piraclostrobina	—	—	—	—	—	—	—	—	38.073,57	100,00	
Sulfentrazone	—	—	800,72	2,10	7,29	0,02	37.231,40	97,79	34,16	0,09	
Tiametoxam	—	—	800,72	2,10	7,29	0,02	36.752,89	96,53	512,67	1,35	
Triclopir	—	—	808,01	2,12	155,62	0,41	37.082,02	97,40	27,92	0,07	

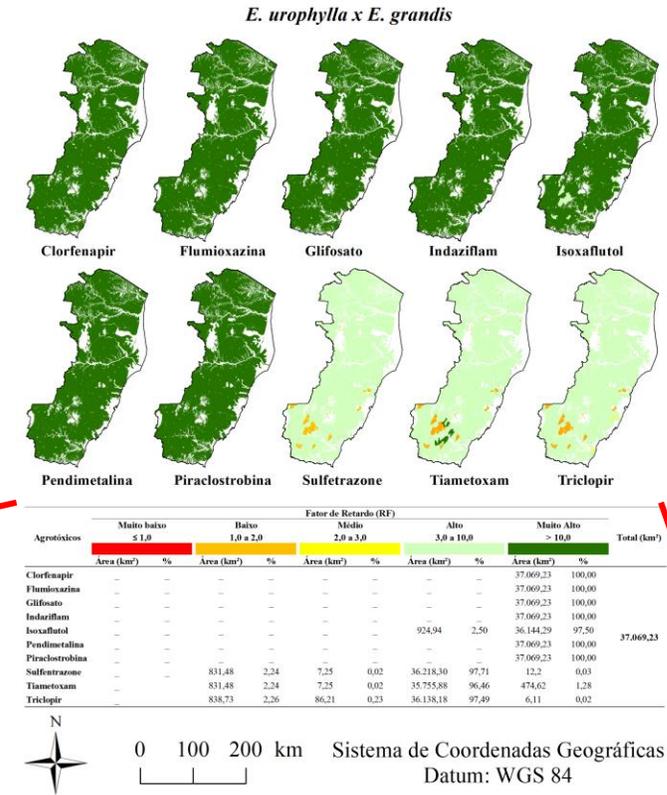
N
0 100 200 km Sistema de Coordenadas Geográficas Datum: WGS 84

Agrotóxicos	Fator de Retardo (RF)										Total (km ²)
	Muito baixo ≤ 1,0		Baixo 1,0 a 2,0		Médio 2,0 a 3,0		Alto 3,0 a 10,0		Muito Alto > 10,0		
	Área (km ²)	%	Área (km ²)	%	Área (km ²)	%	Área (km ²)	%	Área (km ²)	%	
Clorfenapir	—	—	—	—	—	—	—	—	38.073,57	100,00	38.073,57
Flumioxazina	—	—	—	—	—	—	—	—	38.073,57	100,00	
Glifosato	—	—	—	—	—	—	—	—	38.073,57	100,00	
Indaziflam	—	—	—	—	—	—	—	—	38.073,57	100,00	
Isoxaflutol	—	—	—	—	—	—	963,63	2,53	37.109,94	97,47	
Pendimetalina	—	—	—	—	—	—	—	—	38.073,57	100,00	
Piraclostrobina	—	—	—	—	—	—	—	—	38.073,57	100,00	
Sulfentrazone	—	—	800,72	2,10	7,29	0,02	37.231,40	97,79	34,16	0,09	
Tiametoxam	—	—	800,72	2,10	7,29	0,02	36.752,89	96,53	512,67	1,35	
Triclopir	—	—	808,01	2,12	155,62	0,41	37.082,02	97,40	27,92	0,07	



RESULTADOS E DISCUSSÃO

➤ **Fator de Retardo (RF)** dos princípios ativos de Agrotóxicos para a cultura do eucalipto no estado do ES (*E. urophylla* x *E. grandis*).

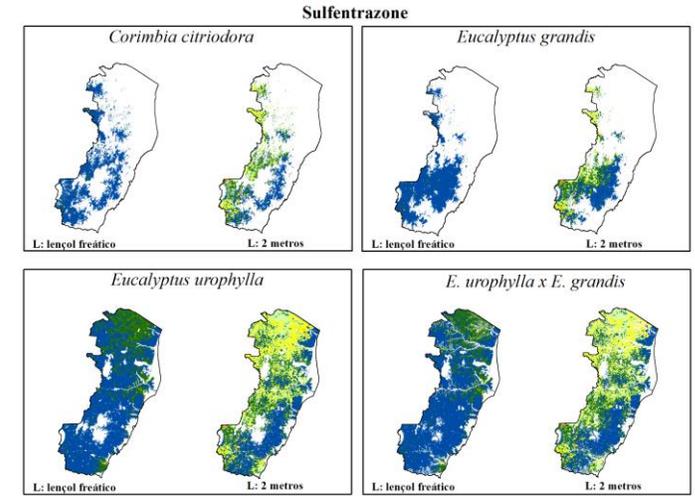


Agrotóxicos	Fator de Retardo (RF)										Total (km ²)
	Muito baixo ≤ 1,0		Baixo 1,0 a 2,0		Médio 2,0 a 3,0		Alto 3,0 a 10,0		Muito Alto > 10,0		
	Área (km ²)	%	Área (km ²)	%	Área (km ²)	%	Área (km ²)	%	Área (km ²)	%	
Clorfenapir	-	-	-	-	-	-	-	-	37.069,23	100,00	37.069,23
Flumioxazina	-	-	-	-	-	-	-	-	37.069,23	100,00	
Glifosato	-	-	-	-	-	-	-	-	37.069,23	100,00	
Indaziflam	-	-	-	-	-	-	-	-	37.069,23	100,00	
Isoxaflutol	-	-	-	-	-	-	924,94	2,50	36.144,29	97,50	
Pendimetalina	-	-	-	-	-	-	-	-	37.069,23	100,00	
Piraclostrobina	-	-	-	-	-	-	-	-	37.069,23	100,00	
Sulfentrazone	-	-	831,48	2,24	7,25	0,02	36.218,30	97,71	12,2	0,03	
Tiametoxam	-	-	831,48	2,24	7,25	0,02	35.755,88	96,46	474,62	1,28	
Triclopir	-	-	838,73	2,26	86,21	0,23	36.138,18	97,49	6,11	0,02	



RESULTADOS E DISCUSSÃO

➤ Fator de Atenuação (AF) do princípio ativo **Sulfetrazone** para a cultura do eucalipto no estado do ES.



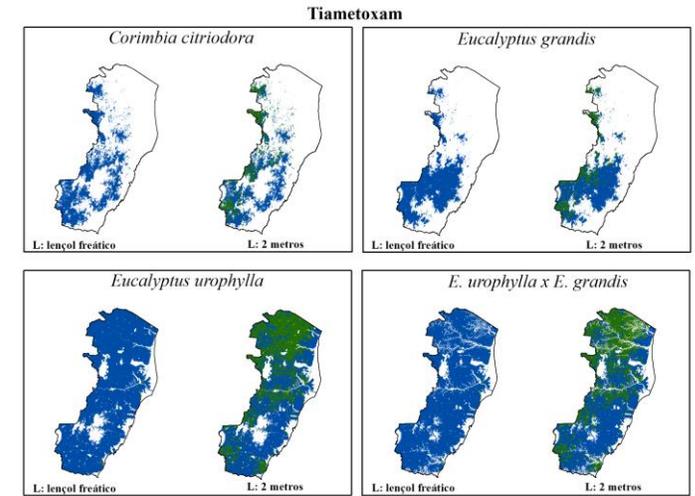
Profundidade (m)	Legenda	Potencial de lixiviação	Fator de Atenuação (AF)	<i>Corimbia citriodora</i>		<i>Eucalyptus grandis</i>		<i>Eucalyptus urophylla</i>		<i>E. urophylla x E. grandis</i>	
				Área (km ²)	%	Área (km ²)	%	Área (km ²)	%	Área (km ²)	%
Nível do lençol freático	Muito baixo	0,0 a 0,0001	499,57	4,09	353,37	2,75	8.921,99	23,43	7.908,28	21,34	
	Baixo	0,0001 a 0,01	2,12	0,02	1,22	0,01	162,64	0,43	143,13	0,39	
	Médio	0,01 a 0,1	0,64	0,01	0,31	0,00	57,03	0,15	49,76	0,13	
	Alto	0,01 a 0,25	0,13	0,00	0,04	0,00	16,89	0,04	15,05	0,04	
	Muito alto	0,25 a 1	0,12	0,00	0,05	0,00	13,58	0,04	12,13	0,03	
	Áreas nulas	-	11.699,28	95,88	12.497,87	97,24	28.901,44	75,91	28.940,88	78,07	
	Total		12.201,86	100,00	12.852,86	100,00	38.073,57	100,00	37.069,23	100,00	
2	Muito baixo	0,0 a 0,0001	3.436,91	28,17	3.575,04	27,81	9.167,62	24,08	9.202,08	24,82	
	Baixo	0,0001 a 0,01	2.501,49	20,50	2.202,75	17,14	10.207,08	26,81	9.721,47	26,23	
	Médio	0,01 a 0,1	1.402,62	11,49	1.187,08	9,24	6.421,82	16,87	5.669,38	15,29	
	Alto	0,01 a 0,25	94,65	0,78	93,49	0,73	195,69	0,51	166,61	0,45	
	Muito alto	0,25 a 1	21,14	0,17	29,30	0,23	29,19	0,08	32,35	0,09	
	Áreas nulas	-	4.745,05	38,89	5.765,20	44,85	12.052,17	31,65	12.277,34	33,12	
	Total		12.201,86	100,00	12.852,86	100,00	38.073,57	100,00	37.069,23	100,00	

Profundidade (m)	Legenda	Potencial de lixiviação	Fator de Atenuação (AF)	<i>Corimbia citriodora</i>		<i>Eucalyptus grandis</i>		<i>Eucalyptus urophylla</i>		<i>E. urophylla x E. grandis</i>	
				Área (km ²)	%	Área (km ²)	%	Área (km ²)	%	Área (km ²)	%
Nível do lençol freático	Muito baixo	Muito baixo	0,0 a 0,0001	499,57	4,09	353,37	2,75	8.921,99	23,43	7.908,28	21,34
	Baixo	Baixo	0,0001 a 0,01	2,12	0,02	1,22	0,01	162,64	0,43	143,13	0,39
	Médio	Médio	0,01 a 0,1	0,64	0,01	0,31	0,00	57,03	0,15	49,76	0,13
	Alto	Alto	0,01 a 0,25	0,13	0,00	0,04	0,00	16,89	0,04	15,05	0,04
	Muito alto	Muito alto	0,25 a 1	0,12	0,00	0,05	0,00	13,58	0,04	12,13	0,03
	Áreas nulas	Áreas nulas	-	11.699,28	95,88	12.497,87	97,24	28.901,44	75,91	28.940,88	78,07
	Total		12.201,86	100,00	12.852,86	100,00	38.073,57	100,00	37.069,23	100,00	
2	Muito baixo	Muito baixo	0,0 a 0,0001	3.436,91	28,17	3.575,04	27,81	9.167,62	24,08	9.202,08	24,82
	Baixo	Baixo	0,0001 a 0,01	2.501,49	20,50	2.202,75	17,14	10.207,08	26,81	9.721,47	26,23
	Médio	Médio	0,01 a 0,1	1.402,62	11,49	1.187,08	9,24	6.421,82	16,87	5.669,38	15,29
	Alto	Alto	0,01 a 0,25	94,65	0,78	93,49	0,73	195,69	0,51	166,61	0,45
	Muito alto	Muito alto	0,25 a 1	21,14	0,17	29,30	0,23	29,19	0,08	32,35	0,09
	Áreas nulas	Áreas nulas	-	4.745,05	38,89	5.765,20	44,85	12.052,17	31,65	12.277,34	33,12
	Total		12.201,86	100,00	12.852,86	100,00	38.073,57	100,00	37.069,23	100,00	



RESULTADOS E DISCUSSÃO

➤ Fator de Atenuação (AF) do princípio ativo **Tiametoxam** para a cultura do eucalipto no estado do ES.



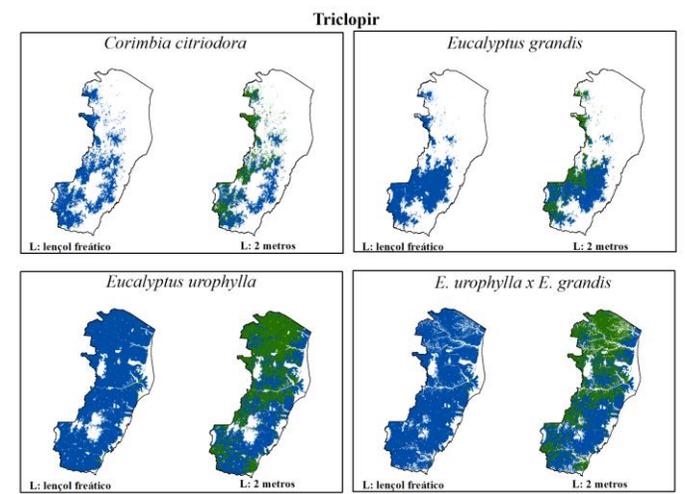
Profundidade (m)	Legenda	Potencial de lixiviação	Fator de Atenuação (AF)	<i>Corimbia citriodora</i>		<i>Eucalyptus grandis</i>		<i>Eucalyptus urophylla</i>		<i>E. urophylla x E. grandis</i>	
				Área (km ²)	%	Área (km ²)	%	Área (km ²)	%	Área (km ²)	%
Nível do lençol freático	Muito baixo	0,0 a 0,0001	2,31	0,02	1,26	0,01	190,15	0,50	167,49	0,45	
	Baixo	0,0001 a 0,01	0,02	0,00	0,01	0,00	2,64	0,01	2,45	0,01	
	Médio	0,01 a 0,1	-	-	-	-	0,33	0,00	0,31	0,00	
	Alto	0,01 a 0,25	-	-	-	-	0,06	0,00	0,05	0,00	
	Muito alto	0,25 a 1	-	-	-	-	0,08	0,00	0,08	0,00	
	Áreas nulas	-	-	12.199,53	99,98	12.851,59	99,99	37.880,31	99,49	36.898,85	99,54
	Total		12.201,86	100,00	12.852,86	100,00	38.073,57	100,00	37.069,23	100,00	
2	Muito baixo	0,0 a 0,0001	3.352,21	27,47	2.902,84	22,59	14.641,88	38,46	13.438,54	36,25	
	Baixo	0,0001 a 0,01	-	-	-	-	-	-	-	-	
	Médio	0,01 a 0,1	-	-	-	-	-	-	-	-	
	Alto	0,01 a 0,25	-	-	-	-	-	-	-	-	
	Muito alto	0,25 a 1	-	-	-	-	-	-	-	-	
	Áreas nulas	-	-	8.849,65	72,53	9.950,02	77,41	23.431,69	61,54	23.630,69	63,75
	Total		12.201,86	100,00	12.852,86	100,00	38.073,57	100,00	37.069,23	100,00	

Profundidade (m)	Legenda	Potencial de lixiviação	Fator de Atenuação (AF)	<i>Corimbia citriodora</i>		<i>Eucalyptus grandis</i>		<i>Eucalyptus urophylla</i>		<i>E. urophylla x E. grandis</i>	
				Área (km ²)	%	Área (km ²)	%	Área (km ²)	%	Área (km ²)	%
Nível do lençol freático	Muito baixo	Muito baixo	0,0 a 0,0001	2,31	0,02	1,26	0,01	190,15	0,50	167,49	0,45
	Baixo	Baixo	0,0001 a 0,01	0,02	0,00	0,01	0,00	2,64	0,01	2,45	0,01
	Médio	Médio	0,01 a 0,1	-	-	-	-	0,33	0,00	0,31	0,00
	Alto	Alto	0,01 a 0,25	-	-	-	-	0,06	0,00	0,05	0,00
	Muito alto	Muito alto	0,25 a 1	-	-	-	-	0,08	0,00	0,08	0,00
	Áreas nulas	Áreas nulas	-	-	12.199,53	99,98	12.851,59	99,99	37.880,31	99,49	36.898,85
	Total			12.201,86	100,00	12.852,86	100,00	38.073,57	100,00	37.069,23	100,00
2	Muito baixo	Muito baixo	0,0 a 0,0001	3.352,21	27,47	2.902,84	22,59	14.641,88	38,46	13.438,54	36,25
	Baixo	Baixo	0,0001 a 0,01	-	-	-	-	-	-	-	-
	Médio	Médio	0,01 a 0,1	-	-	-	-	-	-	-	-
	Alto	Alto	0,01 a 0,25	-	-	-	-	-	-	-	-
	Muito alto	Muito alto	0,25 a 1	-	-	-	-	-	-	-	-
	Áreas nulas	Áreas nulas	-	-	8.849,65	72,53	9.950,02	77,41	23.431,69	61,54	23.630,69
	Total			12.201,86	100,00	12.852,86	100,00	38.073,57	100,00	37.069,23	100,00



RESULTADOS E DISCUSSÃO

➤ Fator de Atenuação (AF) do princípio ativo **Triclopir** para a cultura do eucalipto no estado do ES.



Profundidade (m)	Legenda	Potencial de lixiviação	Fator de Atenuação (AF)	<i>Corimbia citriodora</i>		<i>Eucalyptus grandis</i>		<i>Eucalyptus urophylla</i>		<i>E. urophylla x E. grandis</i>	
				Área (km ²)	%	Área (km ²)	%	Área (km ²)	%	Área (km ²)	%
Nível do lençol freático	Muito baixo	0,0 a 0,0001	3,73	0,03	1,91	0,01	313,69	0,83	275,26	0,75	
	Baixo	0,0001 a 0,01	0,05	0,00	0,02	0,00	5,01	0,01	4,52	0,01	
	Médio	0,01 a 0,1	0,02	0,00	-	-	0,77	0,00	0,71	0,00	
	Alto	0,01 a 0,25	-	-	-	-	0,11	0,00	0,10	0,00	
	Muito alto	0,25 a 1	-	-	-	-	0,11	0,00	0,10	0,00	
	Áreas nulas	-	-	12.198,06	99,97	12.850,93	99,99	37.753,88	99,16	36.788,54	99,24
	Total		12.201,86	100,00	12.852,86	100,00	38.073,57	100,00	37.069,23	100,00	
2	Muito baixo	0,0 a 0,0001	4.524,88	37,08	3.965,70	30,85	18.451,85	48,46	17.150,92	46,27	
	Baixo	0,0001 a 0,01	-	-	-	-	0,01	0,00	0,01	0,00	
	Médio	0,01 a 0,1	-	-	-	-	-	-	-	-	
	Alto	0,01 a 0,25	-	-	-	-	-	-	-	-	
	Muito alto	0,25 a 1	-	-	-	-	-	-	-	-	
	Áreas nulas	-	-	7.676,98	62,92	8.887,16	69,15	19.621,71	51,54	19.918,30	53,73
	Total		12.201,86	100,00	12.852,86	100,00	38.073,57	100,00	37.069,23	100,00	

Profundidade (m)	Legenda	Potencial de lixiviação	Fator de Atenuação (AF)	<i>Corimbia citriodora</i>		<i>Eucalyptus grandis</i>		<i>Eucalyptus urophylla</i>		<i>E. urophylla x E. grandis</i>	
				Área (km ²)	%	Área (km ²)	%	Área (km ²)	%	Área (km ²)	%
Nível do lençol freático	Muito baixo	0,0 a 0,0001	3,73	0,03	1,91	0,01	313,69	0,83	275,26	0,75	
	Baixo	0,0001 a 0,01	0,05	0,00	0,02	0,00	5,01	0,01	4,52	0,01	
	Médio	0,01 a 0,1	0,02	0,00	-	-	0,77	0,00	0,71	0,00	
	Alto	0,01 a 0,25	-	-	-	-	0,11	0,00	0,10	0,00	
	Muito alto	0,25 a 1	-	-	-	-	0,11	0,00	0,10	0,00	
	Áreas nulas	-	-	12.198,06	99,97	12.850,93	99,99	37.753,88	99,16	36.788,54	99,24
	Total		12.201,86	100,00	12.852,86	100,00	38.073,57	100,00	37.069,23	100,00	
2	Muito baixo	0,0 a 0,0001	4.524,88	37,08	3.965,70	30,85	18.451,85	48,46	17.150,92	46,27	
	Baixo	0,0001 a 0,01	-	-	-	-	0,01	0,00	0,01	0,00	
	Médio	0,01 a 0,1	-	-	-	-	-	-	-	-	
	Alto	0,01 a 0,25	-	-	-	-	-	-	-	-	
	Muito alto	0,25 a 1	-	-	-	-	-	-	-	-	
	Áreas nulas	-	-	7.676,98	62,92	8.887,16	69,15	19.621,71	51,54	19.918,30	53,73
	Total		12.201,86	100,00	12.852,86	100,00	38.073,57	100,00	37.069,23	100,00	



CONCLUSÕES

- As áreas **consideradas aptas** para o cultivo do eucalipto no estado corresponderam a **18,99**, **26,37**, **56,88** e **50,15%** da área para as espécies **CC**, **EG**, **EU** e o híbrido **EE**, respectivamente. Enquanto, as áreas **inaptas** somaram **16,89**, **11,99**, **8,12** e **6,70%**, para as espécies **CC**, **EG** e **EU** e o híbrido **EE**, respectivamente.
- Dentre os dez princípios ativos estudados, o **Sulfentrazone**, **Tiametoxam** e **Triclopir** apresentaram potencial de lixiviação e possível risco de contaminação do lençol freático.
- Os resultados apresentados fornecem informações valiosas para o diagnóstico, planejamento, gerenciamento e controle da contaminação dos solos e do lençol freático por agrotóxicos, por meio da **associação do SIG com os métodos RF/AF**.
- Esta proposta metodológica apresenta potencial para ser adaptada para outras áreas, variáveis e culturas.



AGRADECIMENTOS



CCA E



➤ *Instituições, orientador, demais professores e funcionários, membros da banca, namorada, amigos, familiares e demais colaboradores...*

Muito Obrigado!

REFERÊNCIAS

- ALVEZ, I. M.; FERREIRA, L. S.; FERREIRA, E. A.; MAIA, J. C. S.; DALLACORT, R. **Determinação da densidade relativa do solo sob sistema de pastejo**. CONBEA, p.1-4, 2014.
- BONUMÁ, N. B.; ROSSI, C. G.; ARNOLD, J. G.; REICHERT, J. M.; MINELLA, J. P.; ALLEN, P. M.; VOLK, M. Simulating Landscape Sediment Transport Capacity by Using a Modified SWAT Model. **Journal of Environmental Quality**, v.41, p.55-66, 2014.
- COELHO, J. B. M.; BARROS, M. F. C.; CORREA, M. M.; WANDERLEY, R. A.; COELHO JÚNIOR, J. M.; FIGUEREDO, J. L. C. Efeito do polímero hidratado sobre propriedades físico-hídricas de três solos. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, v.3, n.3, p.253-259, 2008.
- EMBRAPA. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. Embrapa Solos. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Sistema Brasileiro de Classificação de Solos**. 3ª edição revisada e ampliada. Brasília, DF: Embrapa. 2013. 353p.
- GOMES, M. A. F.; SPADOTTO, C. A.; LANCHOTTE, V. L. Ocorrência do herbicida tebutiuron na água subterrânea da microbacia do córrego Espreado, Ribeirão Preto - SP. **Pesticidas: Revista de Ecotoxicologia e Meio Ambiente**, v.11, p.65-76, 2001.
- INCAPER. Instituto Capixaba de Pesquisa, Assistência Técnica e Extensão Rural. **Cultivo do gênero *Eucalyptus* no estado do Espírito Santo**. Disponível em: <<https://incaper.es.gov.br>>. Acesso em: 06 de maio de 2018.
- IUPAC. International Union of Pure and Applied Chemistry. **PPDB: Pesticide Properties DataBase**. 2018. Disponível em: <<https://sitem.herts.ac.uk/aeru/ppdb/en/atoz.htm>>. Acesso em: 13 de maio de 2018.
- GUSTAFSON, D. I. Groundwater ubiquity score: a simple method for assessing pesticide leachability. **Environmental Toxicology and Chemistry**, v.8, n.4, p.339-357, 1989.



REFERÊNCIAS

- LOURENCETTI, C.; SPADOTTO, C. A.; SILVA, M. S.; RIBEIRO, M. L. Avaliação do potencial de contaminação de águas subterrâneas por pesticidas: comparação entre métodos de previsão de lixiviação. **Pesticidas: Revista Ecotoxicologia e Meio Ambiente**, v.15, p.1-14, 2005.
- RAO, P. S. C.; HORNSBY, A. G.; JESSUP, R. E. Indices for ranking the potential for groundwater contamination. **The Soil and Crop Science Society of Florida Proceedings: Soil Science**, v.44, p.1-8, 1985.
- SANTOS, A. R. **Atlas das áreas com potencial de risco do Estado do Espírito Santo**. (ARES), Vitória: Editora BIOS, 2006.
- SANTOS, A. R.; LOUZADA, F. L. R. O.; EUGENIO, F. C. **ArcGIS 9.3 Total: aplicações para Dados Espaciais**. CAUFES: Alegre, ES. 2010.
- SANTOS, G. M. A. D. A. **Espacialização do risco de lixiviação de agrotóxicos em áreas de cafeicultura no estado do Espírito Santo**. Tese de Doutorado. Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG, 2017.
- SPADOTTO, C. A. Screening method for assessing pesticide leaching potential. **Pesticidas: Revista de Ecotoxicologia e Meio Ambiente**, v.12, p.69-78, 2002.
- PARAHYBA, R. B. V. **Geoambientes, litopossequências e características físico-hídricas de solos arenosos da bacia do Tucano, Bahia**. Tese de Doutorado. Universidade Federal de Pernambuco, Recife, PE, 2013.
- PORTUGAL, A. F.; COSTA, O. D. V.; COSTA, L. M.; SANTOS, B. C. M. Atributos químicos e físicos de um cambissolo háplico Tb distrófico sob diferentes usos na Zona da Mata Mineira. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.32, n.1, p.249-258, 2008.
- SCHEER, M. B.; CURCIO, G. R.; RODERJAN, C. V. Funcionalidades ambientais de solos altomontanos na Serra da Igreja, Paraná. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.35, n.4, p.1113-1126, 2011.

