



MINISTÉRIO DA CIÊNCIA, TECNOLOGIA E INOVAÇÃO  
**INSTITUTO NACIONAL DE PESQUISAS ESPACIAIS**



# *Estimativa de Emissões de Dióxido de Carbono acima do solo da Floresta Tropical na Província de Sucumbios – Equador, através ferramentas de Geoprocessamento*

**FÁTIMA LORENA BENÍTEZ RAMÍREZ**

Trabalho realizado como parte das exigências da disciplina Introdução ao Geoprocessamento do curso de Mestrado em Sensoriamento Remoto

São José dos Campos  
Junho, 2013

# Roteiro

- Introdução
- Objetivo
- Área de Estudo
- Metodologia
- Resultados e Discussões
- Conclusões

# Introdução

- A Amazônia, apresenta uma superfície de aproximadamente 6,4 milhões de km<sup>2</sup> na América do Sul.
- Ocupa 47% do território Equatoriano.



- Ao longo das últimas décadas o Equador tem sofrido uma modificação significativa da floresta amazônica.
  - Cobertura florestal natural
  - Biodiversidade

# Introdução

Consequência das atividades antropicas na biosfera



Aumento da concentração de gases de "Efeito Estufa"



Mudança Climática



Aquecimento Global





# Introdução



- O desmatamento da floresta tropical representa 20% das emissões anuais dos gases de efeito estufa (IPCC).
- A conversão de florestas para outro tipo de uso da terra faz que o carbono armazenado seja liberado para a atmosfera como CO<sub>2</sub>.

# Objetivo



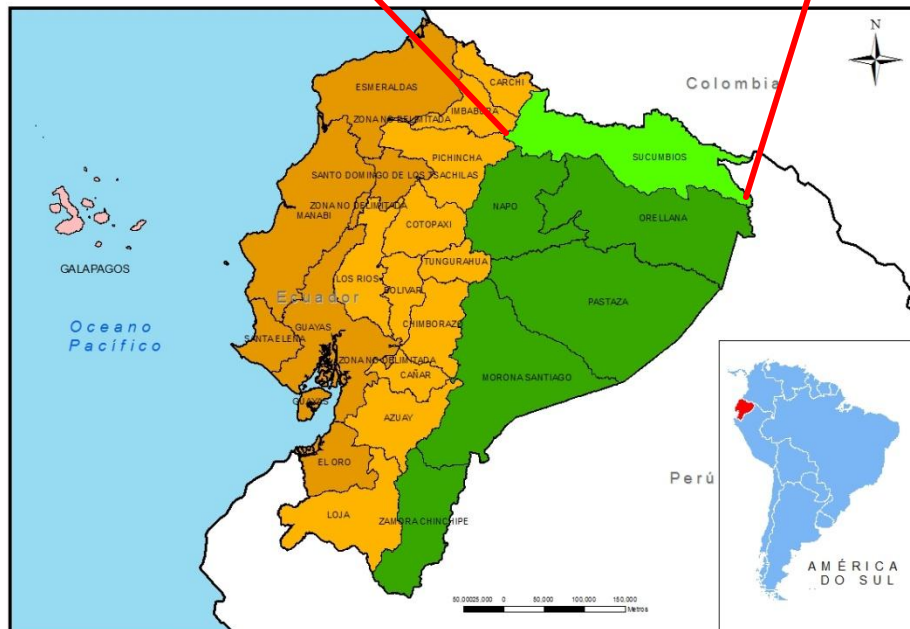
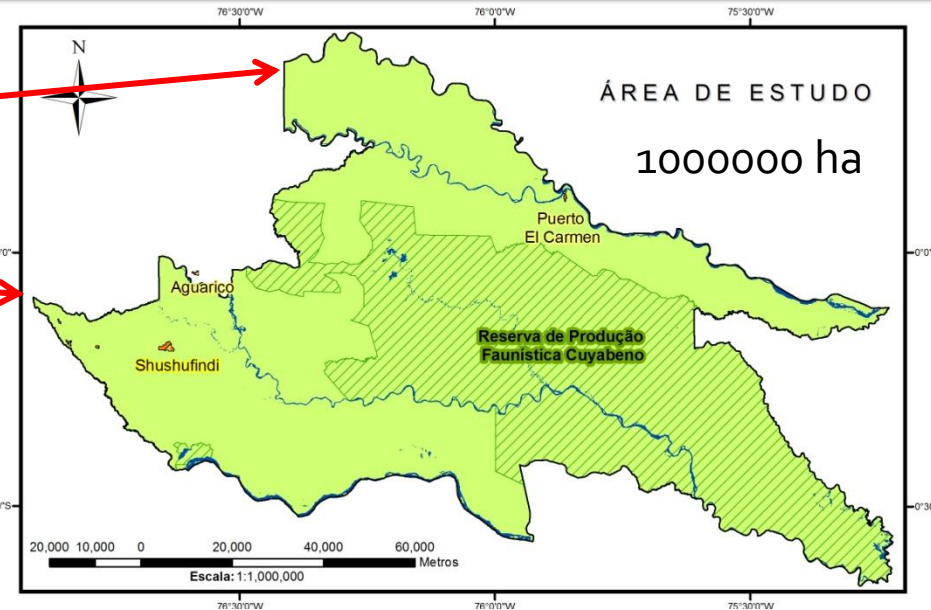
- Estimar as emissões de dióxido de carbono acima do solo da floresta tropical na Província de Sucumbios associadas à mudança de Uso da Terra e Florestas, entre os anos 1990 e 2008, através de ferramentas de geoprocessamento.

## **IMPORTANTE**

As estimativas de emissões e remoções de dióxido de carbono estão sujeitas a incertezas

- Falta de precisão na informação base
- Conhecimento incompleto do processo envolvido neste fenômeno

# Área de Estudo



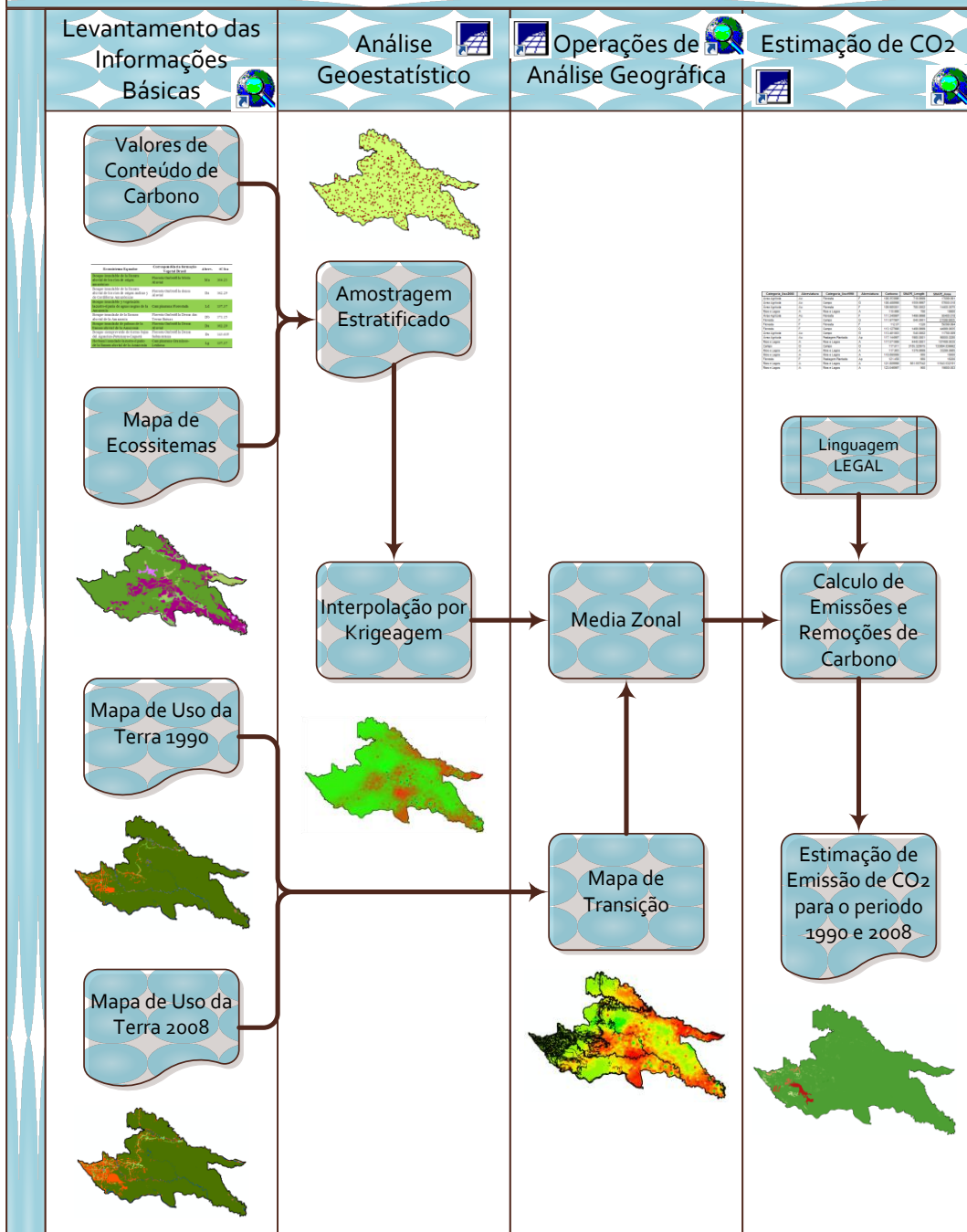
- Sucumbios está localizada no norte da Amazônia
- Putumayo, Cuyabeno e Shushufindi albergam a floresta úmida tropical de Sucumbios (55% da área total)

# Metodologia

## Abordagem Metodologica do IPCC

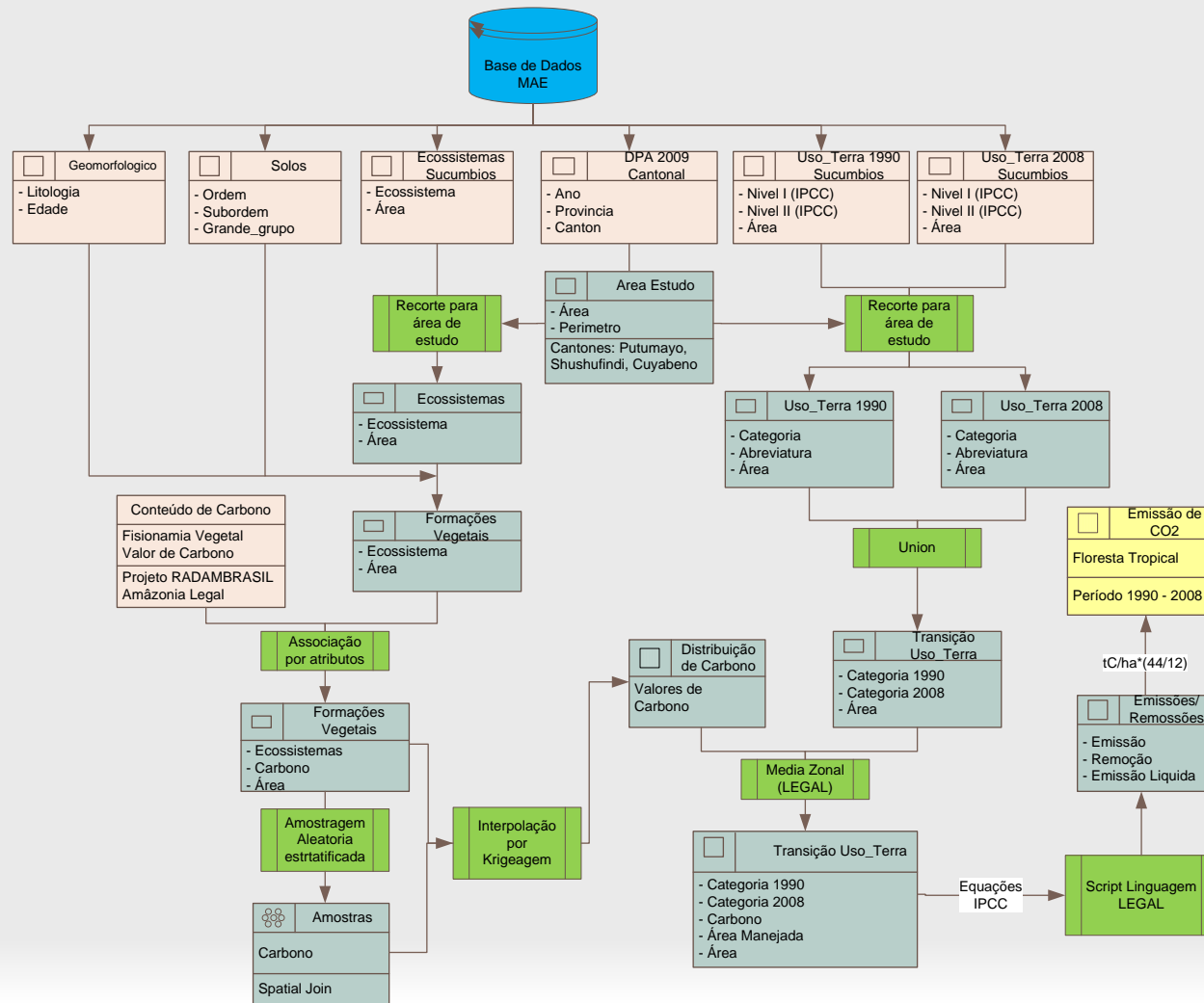
- O fluxo de CO<sub>2</sub> da atmosfera, é igual às mudanças nos estoques de carbono na biomassa existente e nos solos.
- Que as mudanças nos estoques de carbono podem ser estimadas determinando-se as taxas de mudança do uso da terra e a atividade responsável pela mudança.

## ETAPAS

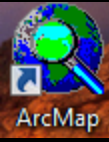




# Metodologia: Modelo GEO-MTG

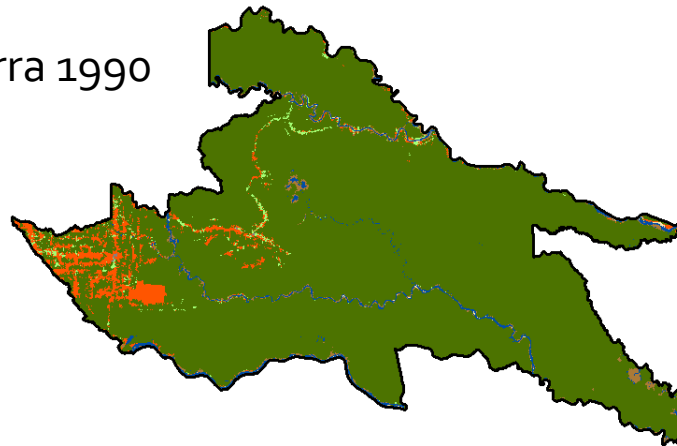


# Metodologia: Levantamento das Informações Básicas

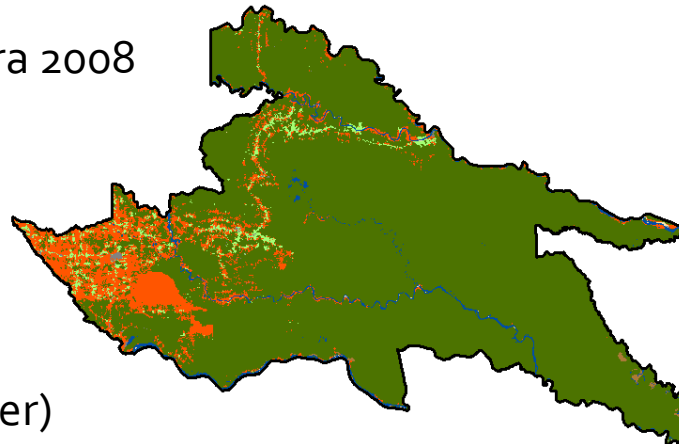


## ■ Mapas de Uso da Terra 1990 e 2008

Mapa de Uso da Terra 1990  
Escala: 1:100.000



Mapa de Uso da Terra 2008  
Escala: 1:100.000

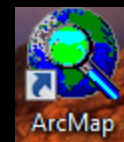


<b>Categoria (Área de Estudo)</b>	<b>Abreviatura</b>	<b>Categoria (IPCC)</b>
Floresta	F	
Floresta Secundaria	FSec	Floresta
Campo	G	
Campo Secundario	GSec	Campo
Pastagem Plantada	Ap	
Área Agrícola	Ac	Área Agrícola
Área Urbana	S	Área Urbana
Outros Usos	O	Outros Usos
Rios e Lagos	A	
Reservatórios	Res	Área Alagada

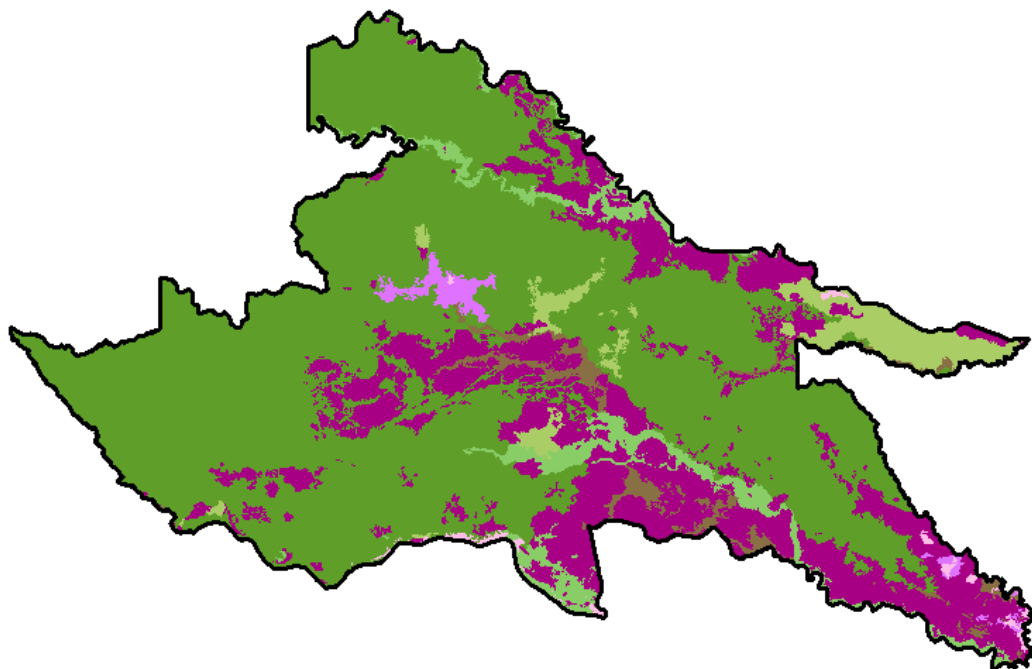
Fuente: MAE (Landsat, Aster)

# Metodología:

## Levantamiento das Informações Básicas



### ■ Mapa de Ecosystema



Escala: 1:100.000

Ecosystema_Ecuador	Área (Ha)
Bosque inundable de la llanura aluvial de los ríos de origen amazónico	23278.24
Bosque inundable de la llanura aluvial de los ríos de origen andino y de Cordilleras Amazónicas	48081.07
Bosque inundable y vegetación lacustre-riparia de aguas negras de la Amazonía	10707.43
Bosque inundado de la llanura aluvial de la Amazonía	38462.41
Bosque inundado de palmas de la llanura aluvial de la Amazonía	216193.4
Bosque siempreverde de tierras bajas del Aguarico-Putumayo-Caquetá	652686.2
Herbazal inundado lacustre-ripario de la llanura aluvial de la Amazonía	5546.473
<b>TOTAL</b>	<b>994955.3</b>

Fuente: MAE (Rapideye)

# Metodologia:

## Levantamento das Informações Básicas



### ■ Valores de Conteúdo de Carbono

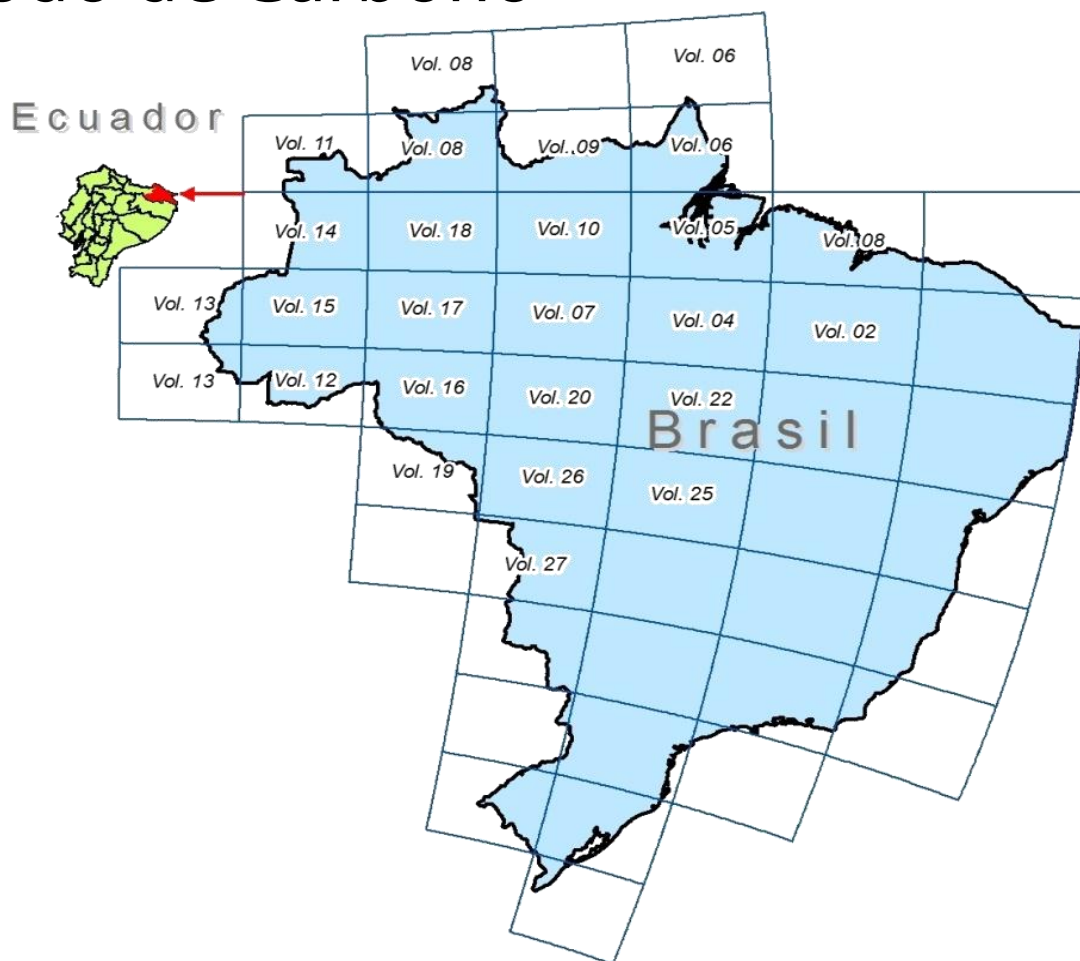
Na atualidade, Equador não conta com informação de valores de conteúdo de Carbono



Dados do Inventário florestal da Amazônia e do projeto RADAMBRASIL



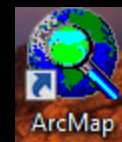
Correlação entre a área de estudo e o mapa de Volume do projeto RADAMBRASIL





# Metodologia:

## Levantamento das Informações Básicas



### ■ Valores de Conteúdo de Carbono

<b>Ecosistema Equador</b>	<b>Correspondência formação Vegetal Brasil</b>	<b>Abrev.</b>	<b>tC/ha</b>
Bosque inundable de la llanura aluvial de los ríos de origen amazónico	Floresta Ombrófila Mista Aluvial	Ma	104.23
Bosque inundable de la llanura aluvial de los ríos de origen andino y de Cordilleras Amazónicas	Floresta Ombrofila densa Aluvial	Da	162.29
Bosque inundable y vegetación lacustre-riparia de aguas negras de la Amazonía	Campinarana Florestada	Ld	137.37
Bosque inundado de la llanura aluvial de la Amazonía	Floresta Ombrófila Densa das Terras Baixas	Db	171.15
Bosque inundado de palmas de la llanura aluvial de la Amazonía	Floresta Ombrófila Densa Aluvial	Da	162.29
Bosque siempreverde de tierras bajas del Aguarico-Putumayo-Caquetá	Floresta Ombrófila Densa Submontana	Ds	143.635
Herbazal inundado lacustre-ripario de la llanura aluvial de la Amazonía	Campinarana Gramíneo-Lenhosa	Lg	137.37

# Metodologia: Análise Geoestatística

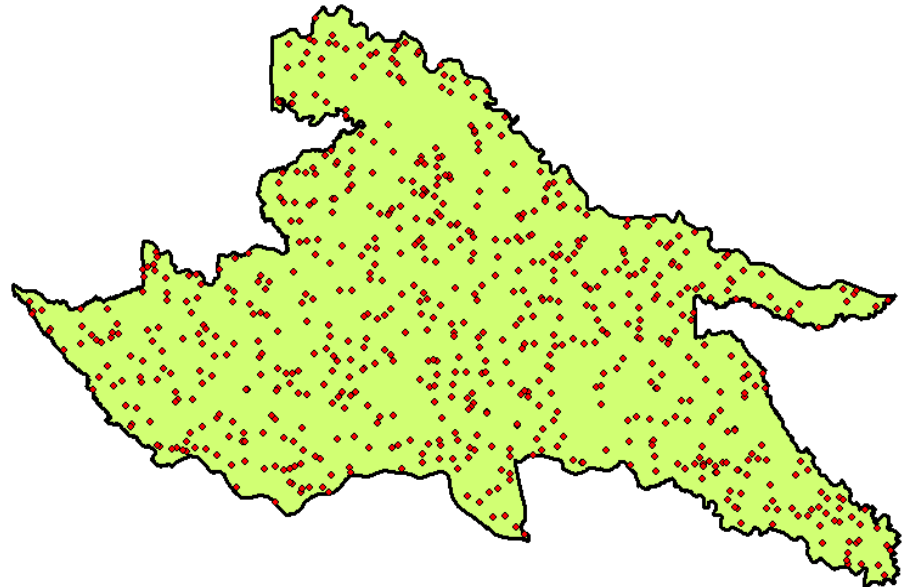


## ■ Representação da Distribuição do Carbono



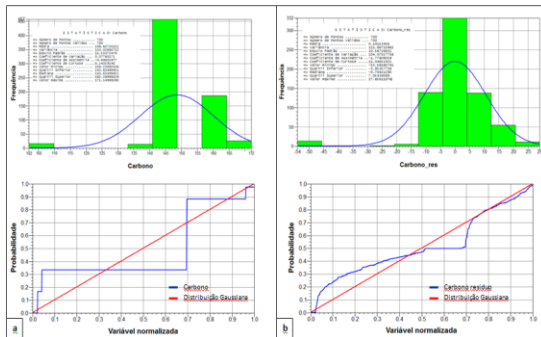
### Amostragem Aleatoria Estratificada

- 100 amostras por classe
- Proporcional a cada classe em relação à área total.

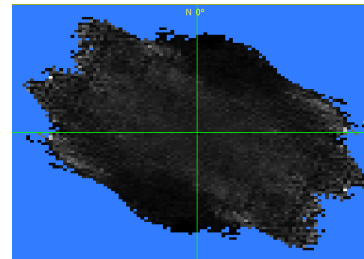


# Metodologia: Análise Geoestatística

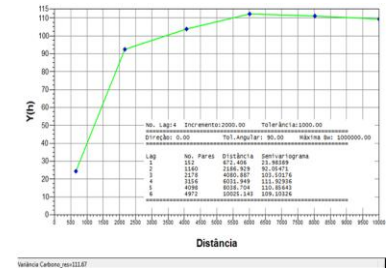
- Análise Exploratoria
- Análise da variabilidade espacial por Semivariograma



Caso Anisotropico



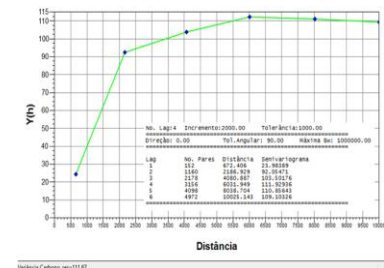
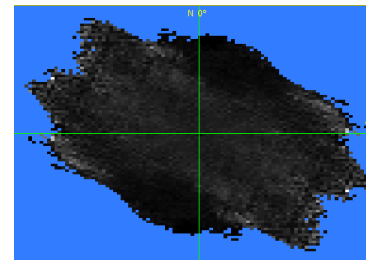
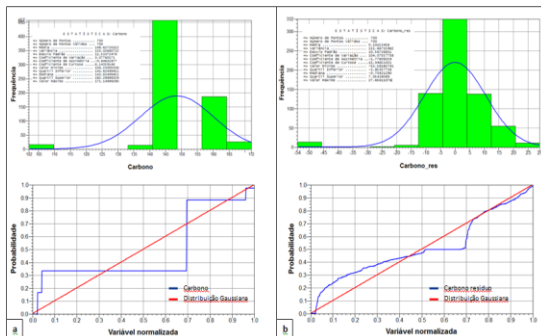
Caso Isotropico



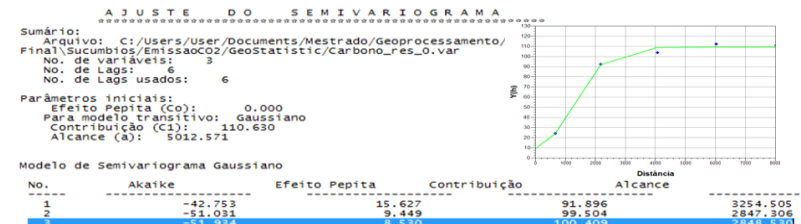
**Desvio Padrão: 10,6**  
**Variância = 112**

# Metodologia: Análise Geoestatística

- Análise Exploratória
- Análise da variabilidade espacial por Semivariograma
- Modelagem do Semivariograma



**Parâmetros**  
**Efeito Pepita = 9**  
**Contribuição = 100**  
**Alcance = 2849**

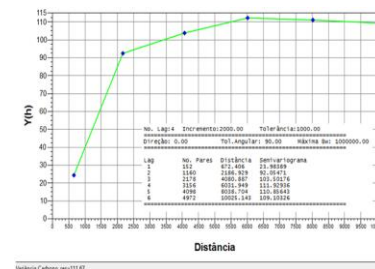
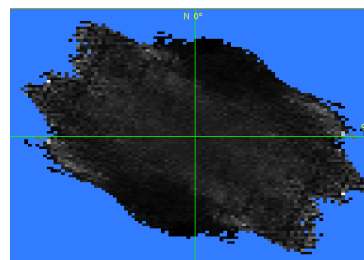
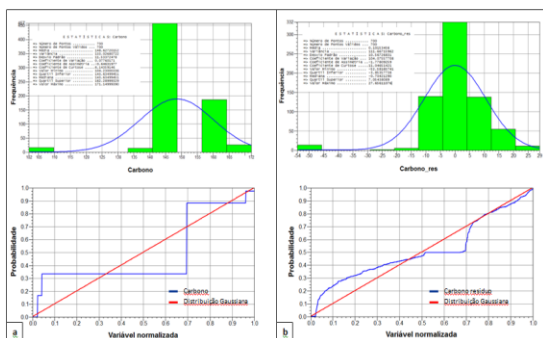




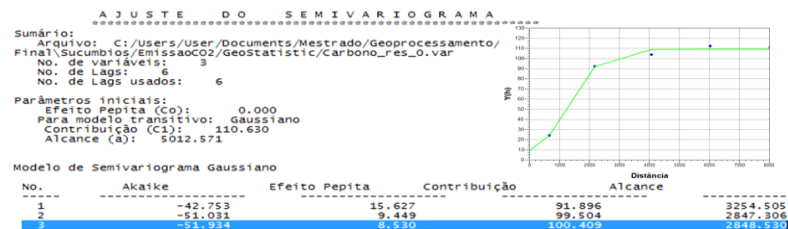
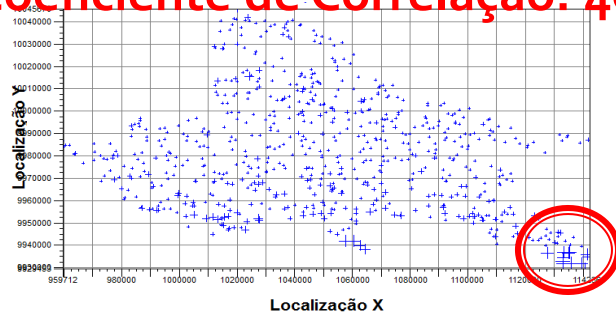
# Metodologia: Análise Geoestatística



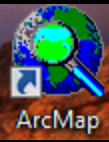
- Análise Exploratoria
- Análise da variabilidade espacial por Semivariograma
- Modelagem do Semivariograma
- Validação do Modelo
- Interpolação por Krigagem Ordinaria



**Coeficiente de Correlação: 40%**



# Metodologia: Análise Geográfica



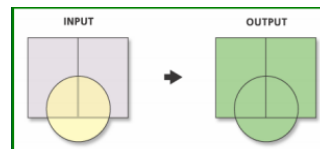
- Construção de Matrizes de Transição entre as categorias de Uso da Terra para o período 1990 a 2008

IPCC → estimativa das emissões de CO<sub>2</sub>



Diferencia dos estoques de carbono observados no início e no final do período

Operação Union



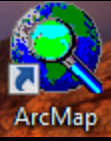
## Estado: Permanência

<b>FF</b>	Floresta permanecendo Floresta
<b>GG</b>	Campo permanecendo Campo
<b>CC</b>	Área Agrícola permanecendo Área Agrícola
<b>SS</b>	Área Urbana permanecendo Área Urbana
<b>OO</b>	Outros Usos permanecendo Outros Usos

## Estado: Transição

<b>LF</b>	Áreas convertidas para Florestas
<b>LG</b>	Áreas convertidas para Campo
<b>LC</b>	Áreas convertidas para Agricultura
<b>LS</b>	Áreas convertidas para Área Urbana
<b>LO</b>	Áreas convertidas para Outros Usos

# Metodologia: Análise Geográfica

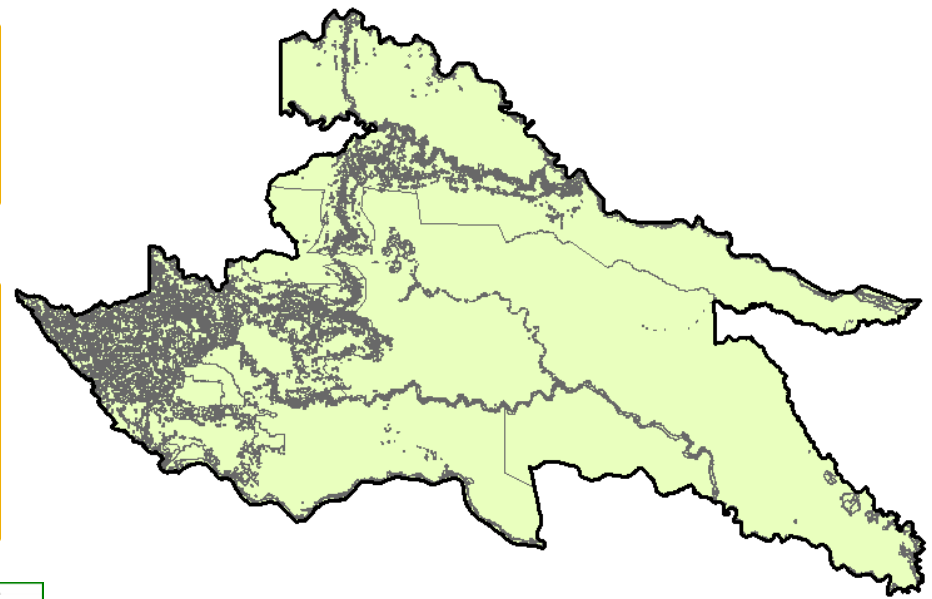


- Construção de Matrizes de Transição entre as categorias de Uso da Terra para o período 1990 a 2008

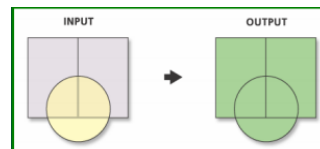
IPCC → estimativa das emissões de CO<sub>2</sub>



Diferencia dos estoques de carbono observados no início e no final do período



Operação **Union**



Mapa de Transição do Uso da Terra

# Metodologia: Análise Geográfica



- Conteúdo de Carbono para cada categoria do Uso da Terra

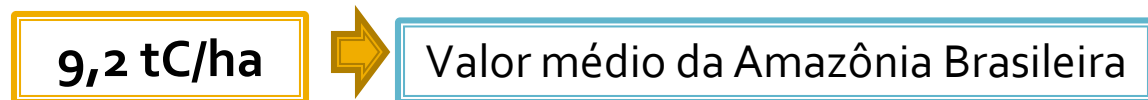
- Formações Vegetais



- Áreas de Pastagem



- Áreas Agrícolas



- Áreas de Reservatórios, urbanas, rios e outros usos



- Vegetação Secundaria







# Resultados e Discussões

- Matriz de Transição 1990 a 2008

Área [ha]		Uso de Terra em 2008										
		F	FSec	G	GSec	Ac	Ap	S	O	Res	A	Total 1990
Uso de Terra em 1990	F	837159,62		639,34		59054,01	10337,96	287,61	46,07	9,18		907533,78
	FSec											
	G		8560,40	1450,57		5202,32	328,08	32,49	94,43			15668,28
	GSec											
	Ac		3067,57		3,78	27155,36	6489,14	851,04	7,92	1,71		37576,52
	Ap		722,68			4672,28	2848,92	283,32	8,55			8535,75
	S							355,44				355,44
	O		368,27		45,03	125,91			518,10			1057,31
	Res											
	A										24228,22	24228,22
Total 2008		837159,62	12718,91	2089,92	48,81	96209,88	20004,11	1809,90	675,07	10,89	24228,22	994955,31

# Resultados e Discussões

- Matriz de Transição 1990 a 2008

Área [ha]		Uso de Terra em 2008										Total 1990	
		F	FSec	G	GSec	Ac	Ap	S	O	Res	A		
Uso de Terra em 1990	F	837159,62		639,34		59054,01							907533.78
	FSec												
	G		8560,40	1450,57		5202,32							15668.28
	GSec												
	Ac		3067,57		3,78	27155,36	6489,14	851	7,92	1,71			37576.52
	Ap		722,68			4672,28	2848,92	283	8,55				8535.75
	S							355					355.44
	O		368			125			18,10				1057.31
	Res												
	A										24228,22		24228.22
Total 2008		837159.62	12718,91	2089,92	48,81	96209,88	20004,11	1809,90	675,07	10,89	24228,22	<b>994955,31</b>	

101.239 ha.

10,2%

# Resultados e Discussões

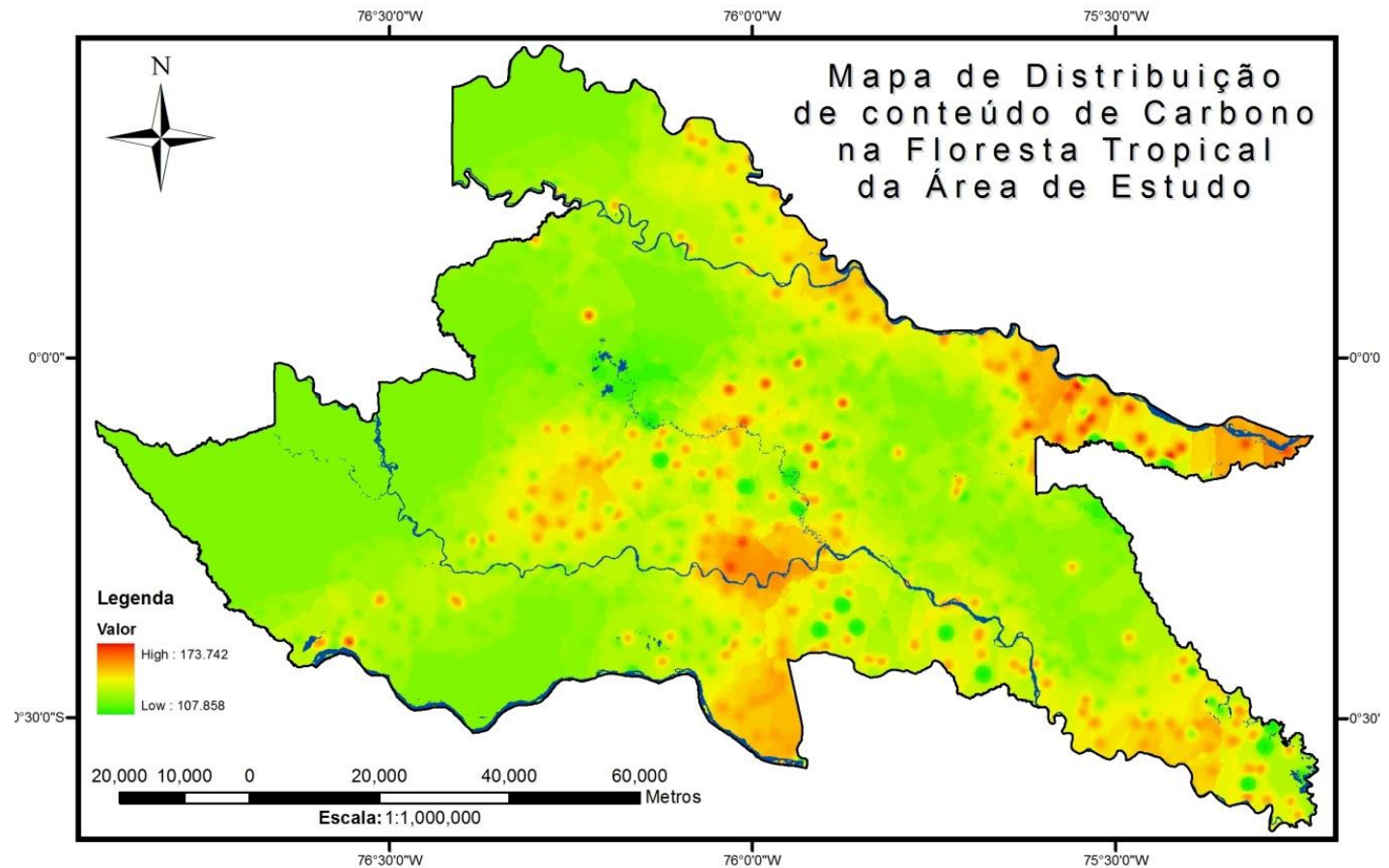
- Matriz de Transição 1990 a 2008

Área [ha]		Uso de Terra em 2008										
		F	FSec	G	GSec	Ac	Ap	S	O	Res	A	Total 1990
Uso de Terra em 1990	F	837159,62		639,34		59054,01	10337,96	7,5%		9,18		907533,78
	FSec											
	G		8560,40	1450,57		5202,32	328,08					15668,28
	GSec											
	Ac		3067,57		3,78	27155,36	6489,14	851,04	7,92	1,71		37576,52
	Ap		722,68			4672,28	2848,92	283,32	8,55			8535,75
	S							355,44				355,44
	O		368,27		45,03	125,91			518,10			1057,31
	Res											
	A										24228,22	24228,22
Total 2008		837159,62	12718,91	2089,92	48,81	96209,88	20004,11	1809,90	675,07	10,89	24228,22	994955,31



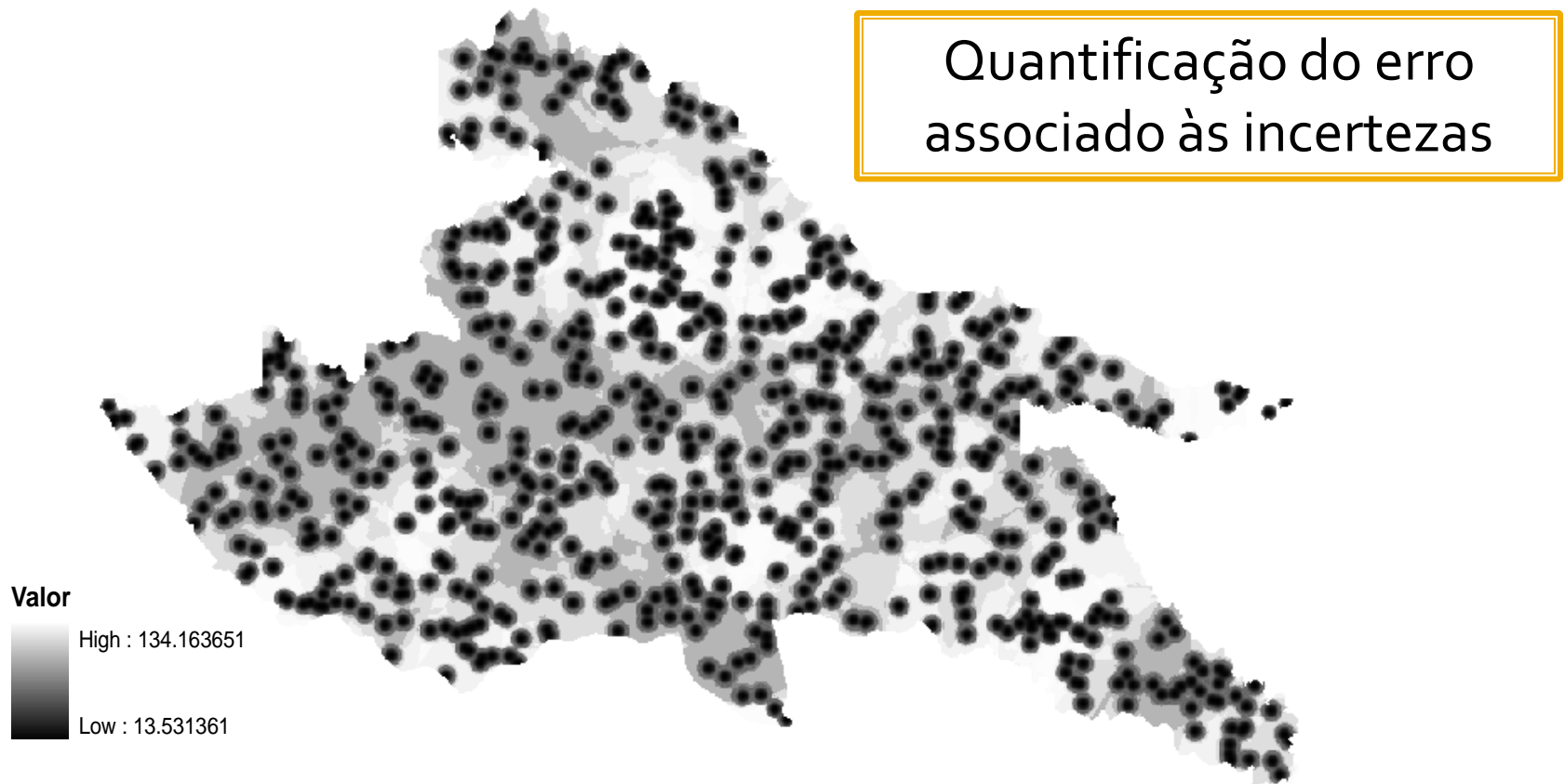
# Resultados e Discussões

## ■ Distribuição de Carbono



# Resultados e Discussões

- Variância da Krigagem



# Resultados e Discussões

- Estimação da Emissão Líquida de CO<sub>2</sub>



CO <sub>2</sub> [Gg]	Uso de Terra em 2008										
	F	Fsec	G	Gsec	Ac	Ap	S	O	Res	A	
Uso de Terra em 1990	F	---	138,18		29.471,83	5.226,55	155,21	25,17	4,86		
	Fsec		---								
	G		1.866,32	---	2.686,26	170,45	17,78	52,15			
	Gsec				---						
	Ac		-896,04		-1,08	---	27,36	28,71	0,27	0,06	
	Ap		-214,22			-19,70	---	8,36	0,25		
	S							---			
	O		-123,41		-15,25	-4,25			---		
	Res									---	
	A										---
<b>Total = 38.605,83</b>											

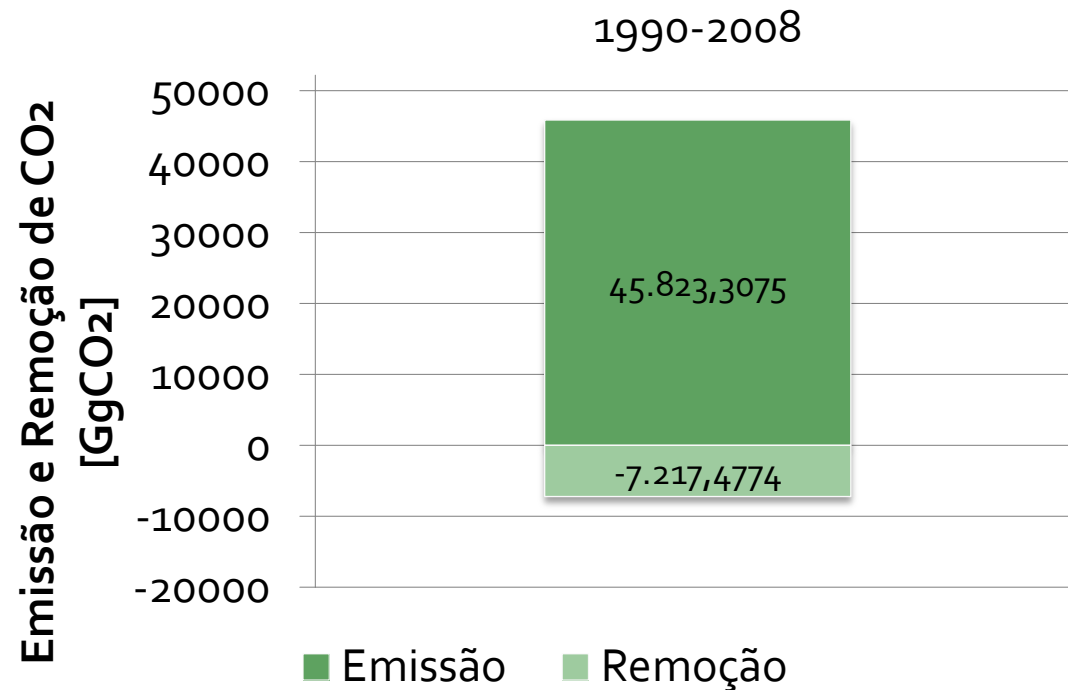
Média Anual



**2.144,77 Gg<sub>CO2</sub>**

# Resultados e Discussões

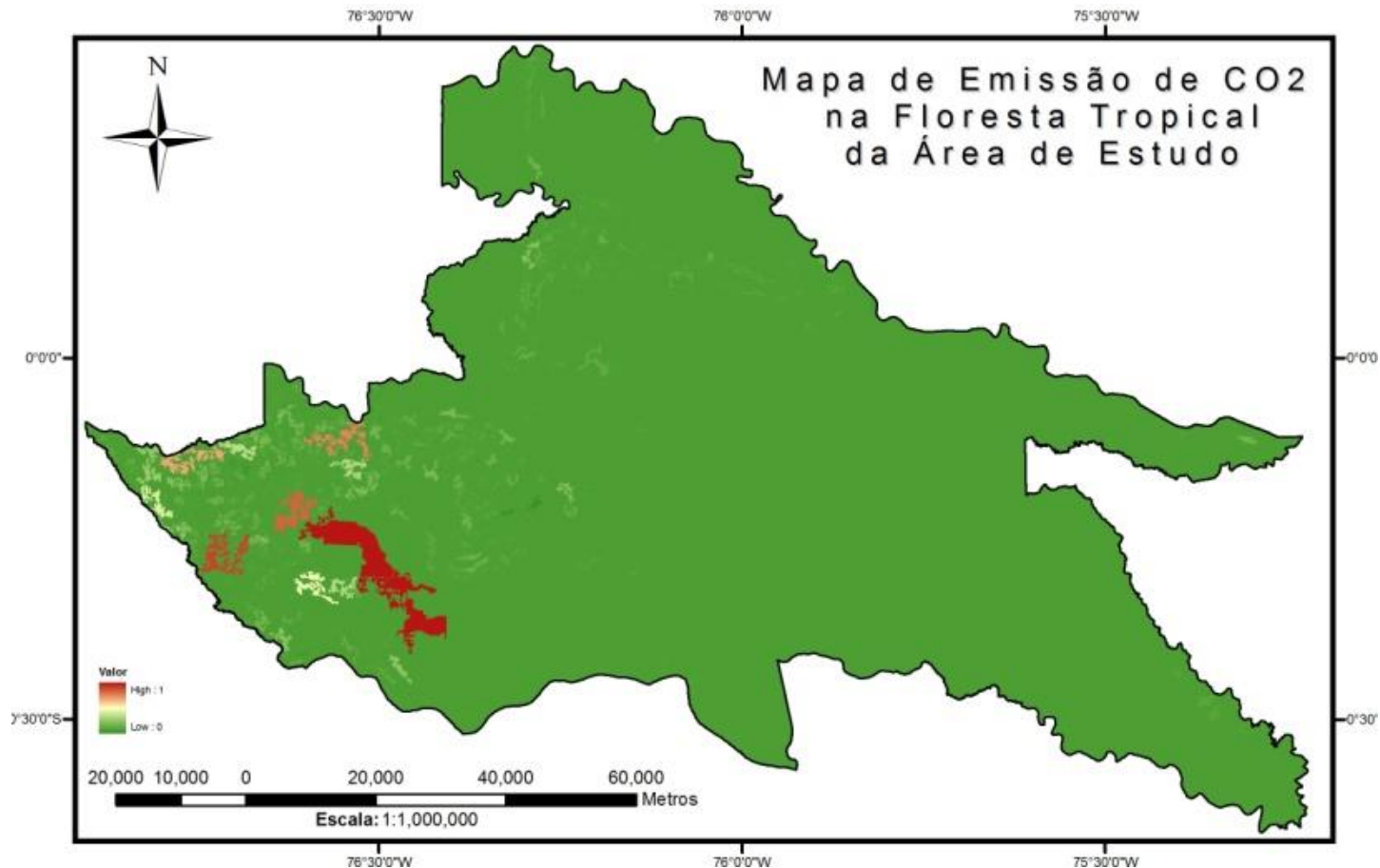
## ■ Balanço do CO<sub>2</sub>



15,8% das  
emissões foram  
removidas

# Resultados e Discussões

- Emissões de CO<sub>2</sub>

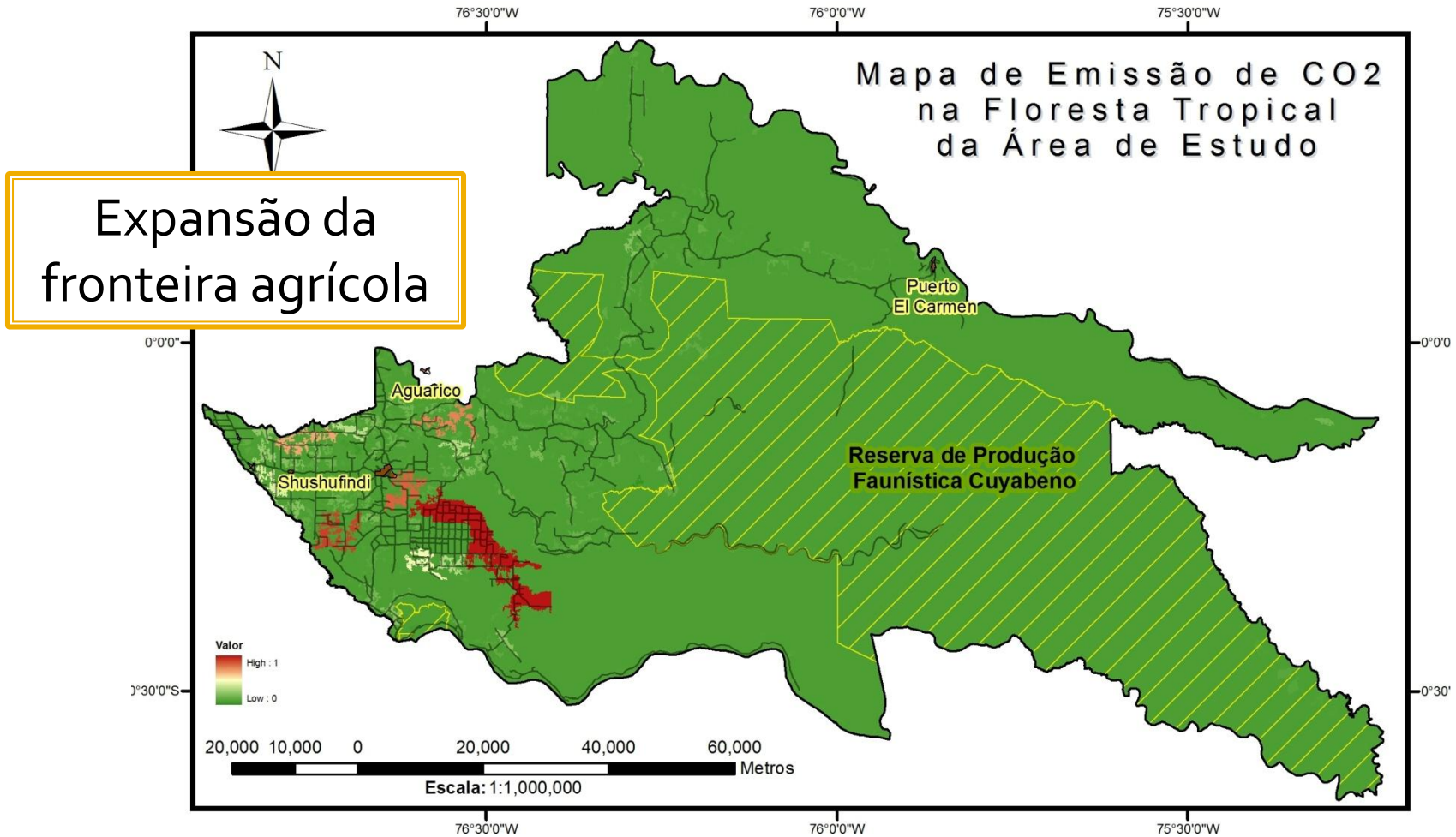


# Considerações Finais

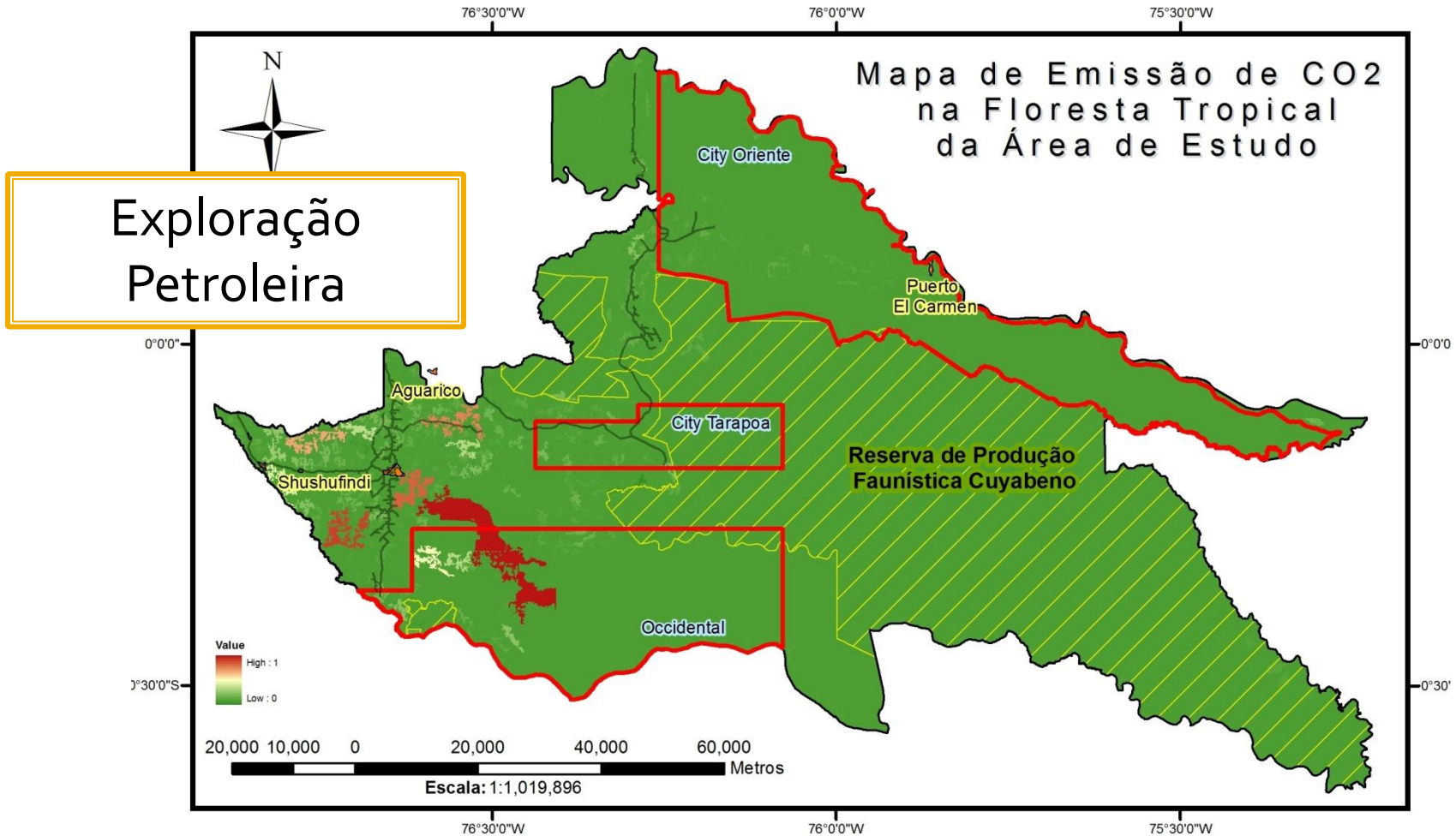
- As técnicas de geoprocessamento, em especial o uso da geoestatística mostrou-se bastante útil para descrever e modelizar a distribuição de estoque de carbono.
- Os resultados obtidos na interpolação por krigeagem podem ser melhorados, utilizando informação de conteúdo de carbono própria da área de estudo e que seja gerada segundo as recomendações do IPCC.
- As atividades agropecuárias tem sido as maiores responsáveis pela emissão de CO<sub>2</sub> à atmosfera na área de estudo.



# Considerações Finais



# Considerações Finais



# Muito Obrigada

Lorena Benítez

Fatima.dsr@inpe.br

