

# Manejo e Conservação do Solo e da Água em Bacias Hidrográficas

Claudia Barros

Colaboração Jean  
Minella



GOVERNO DO ESTADO  
**RIO GRANDE DO SUL**

SECRETARIA DA AGRICULTURA, PECUÁRIA,  
PRODUÇÃO SUSTENTÁVEL E IRRIGAÇÃO



DEPARTAMENTO DE  
**SOLOS**  
**UFRGS**



10 de maio de 2023, Porto Alegre/RS

# ROTEIRO

- ✓ Contextualização: seca/estiagem/enchentes/enxurradas
- ✓ Como a hidrologia nos afeta e ensina
- ✓ A bacia hidrográfica
- ✓ Manejo de solo e as práticas conservacionistas no contexto da bacia
- ✓ O que o RS fez/aprendeu?
- ✓ O que podemos fazer?

# EQUIPE ATUAL

*UFRGS*



interdisciplinary research group on  
environmental biogeochemistry

*França*



*UFSM*



*EUA*



UNIVERSITY OF MINNESOTA



Laboratoire des Sciences du Climat et de l'Environnement

LSCE (UMR 8212)  
12/05/2023

# Contextualização

Atlas Brasileiro de Desastres Naturais:

- ✓ desastres hidrológicos (alagamentos, inundações e **enxurradas**),
- ✓ meteorológicos (tornados, granizos, chuvas intensas, vendavais, geadas e ciclones),
- ✓ desastres climatológicos (**estiagens e secas**) e,
- ✓ desastres geológicos (movimentos de massa, como, por exemplo, os deslizamentos).

# Contextualização

✓ Cenário (últimos 20 anos)

5 grandes estiagens (2004-2005-2012-2020-2022)

Safras 04/05;11/12;19/20 consideradas as mais importantes devido a perda de rendimento dos grãos (soja/milho).

Safra 21/22

Em termos de prejuízos econômicos, esta estiagem, entrará para a história, como a de maior efeito negativo para a economia do RS, até hoje registrada. **RELATÓRIO ESTIAGEM Nº 09/2022 – SEAPDR**

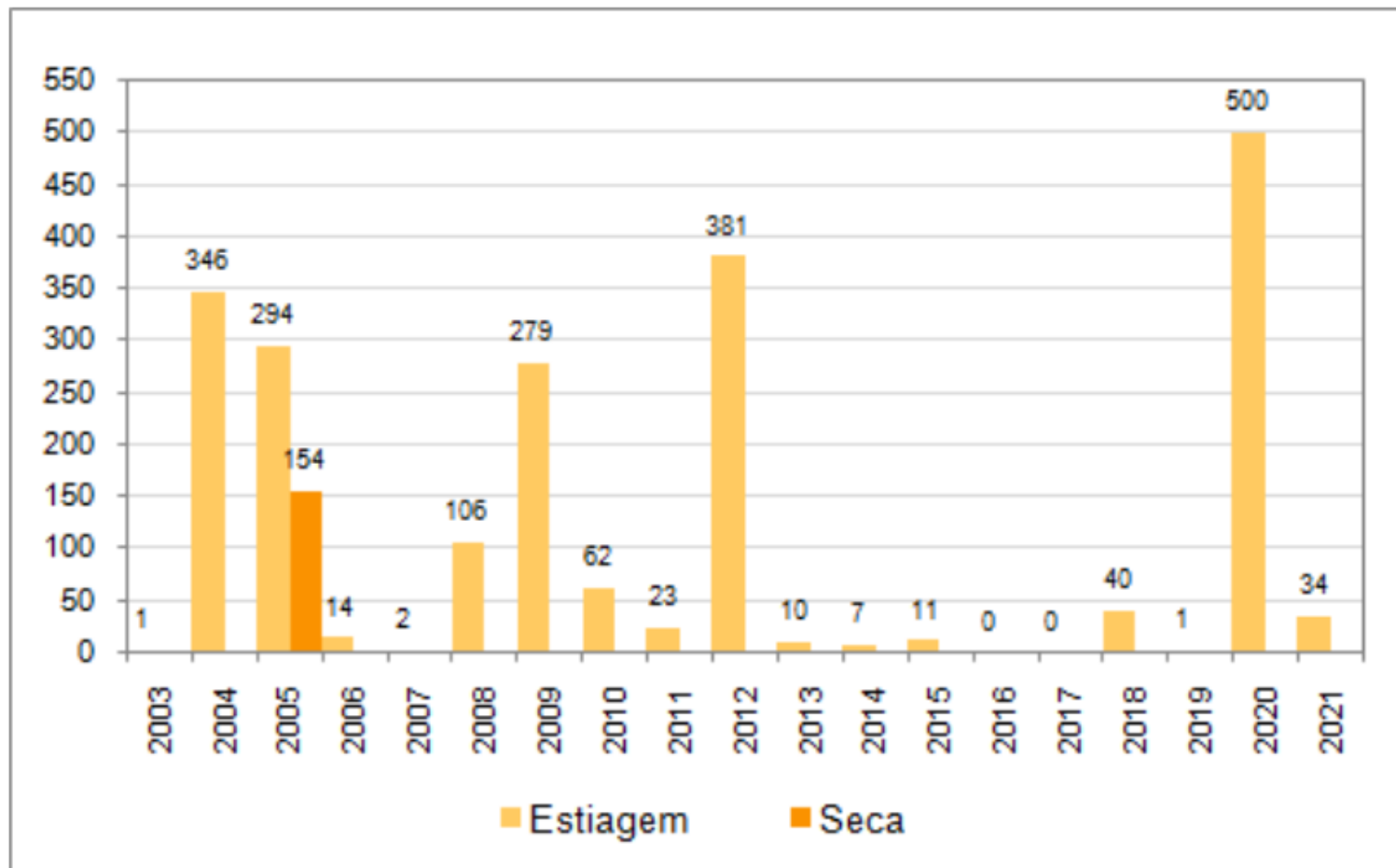
Safra 22/23

Quebra de safra, mas superior a safra 21/22 ao menos de soja. (cultura com maior nº de ha plantados)

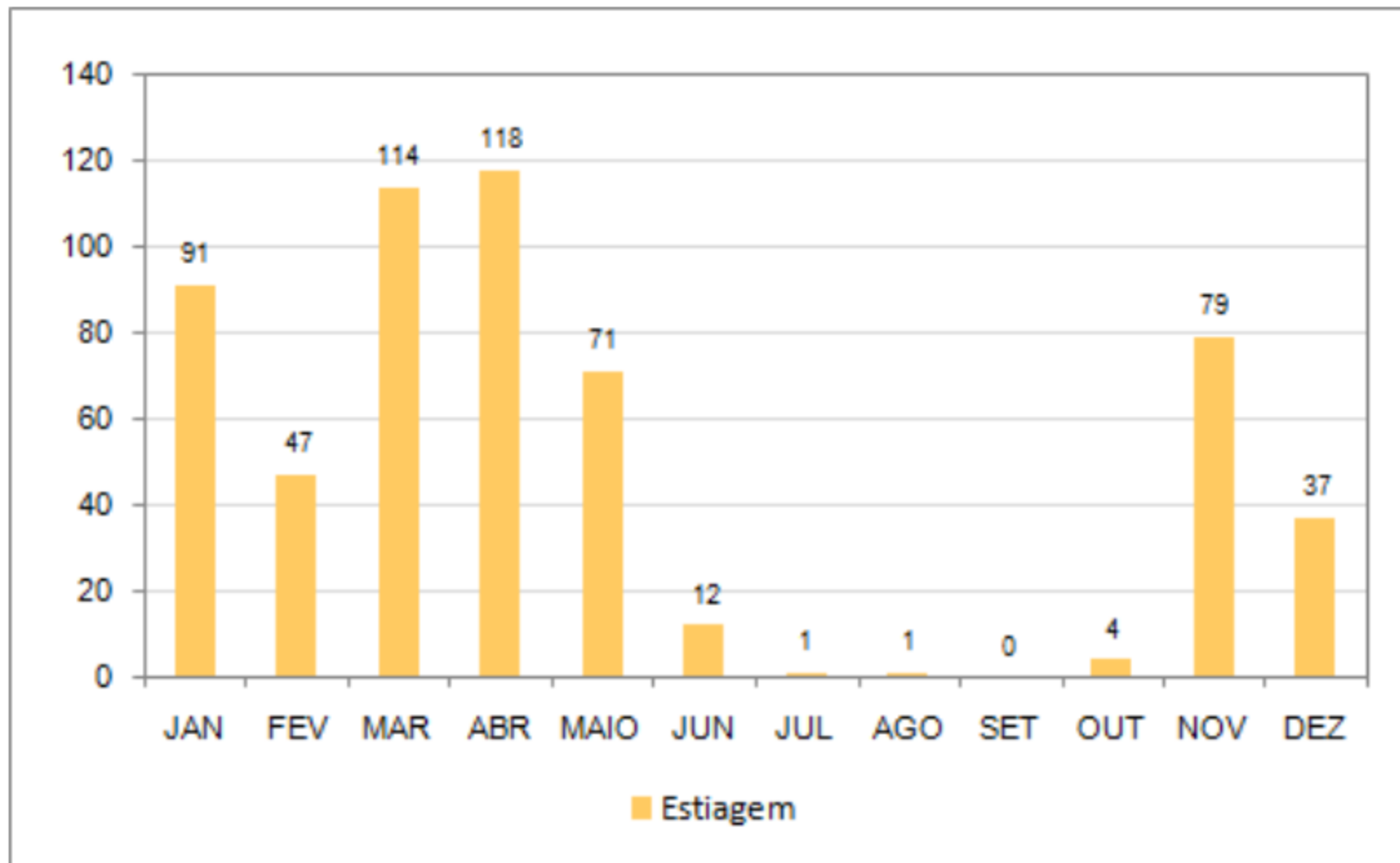
**Tabela 1.** Precipitação pluvial acumulada no trimestre dezembro/janeiro/fevereiro (mm) da normal climatológica (1981-2010) e nas safras 2004/2005, 2011/2012 e 2019/2020 para as estações meteorológicas de Pelotas, Bagé, Encruzilhada do Sul, São Borja, Uruguaiana, Júlio de Castilhos, Santa Maria, Santa Rosa, Passo Fundo, Vacaria e Veranópolis, RS.

Estação meteorológica	Precipitação pluvial acumulada no verão (trimestre dez/jan/fev) (mm)			
	Normal 1981-2010	2004/2005	2001/2012	2019/2020
Bagé	389	201	288	225
Encruzilhada do Sul	390	296	301	180
Julio de Castilhos	408	168	173	301
Passo Fundo	453	198	283	360
Pelotas	393	195	273	97
Santa Maria	449	171	218	415
Santa Rosa	437	108	220	425
São Borja	411	193	267	371
Uruguaiana	401	160	321	347
Vacaria	425	180	286	346
Veranópolis	410	111	492	426

## Ocorrências anuais de estiagem e seca, no Rio Grande do Sul, no período 2003-2021\*

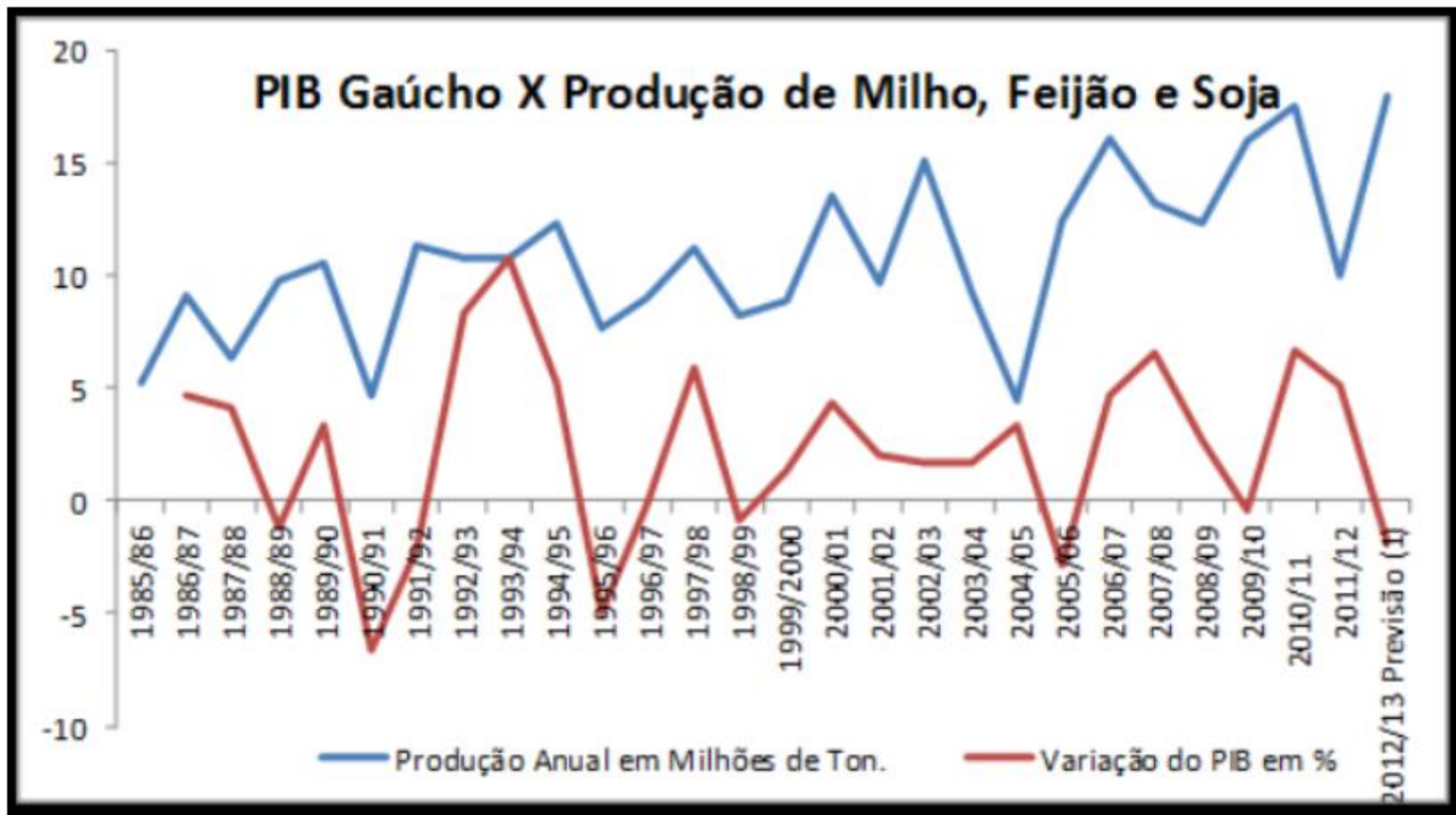


\* Até 2016, foi considerada a data da publicação no Diário Oficial da União. De 2017 em diante, a data do registro. Fonte: S2iD/MDR



\* Foi considerada a data de registro do evento. Fonte: S2iD/MDR





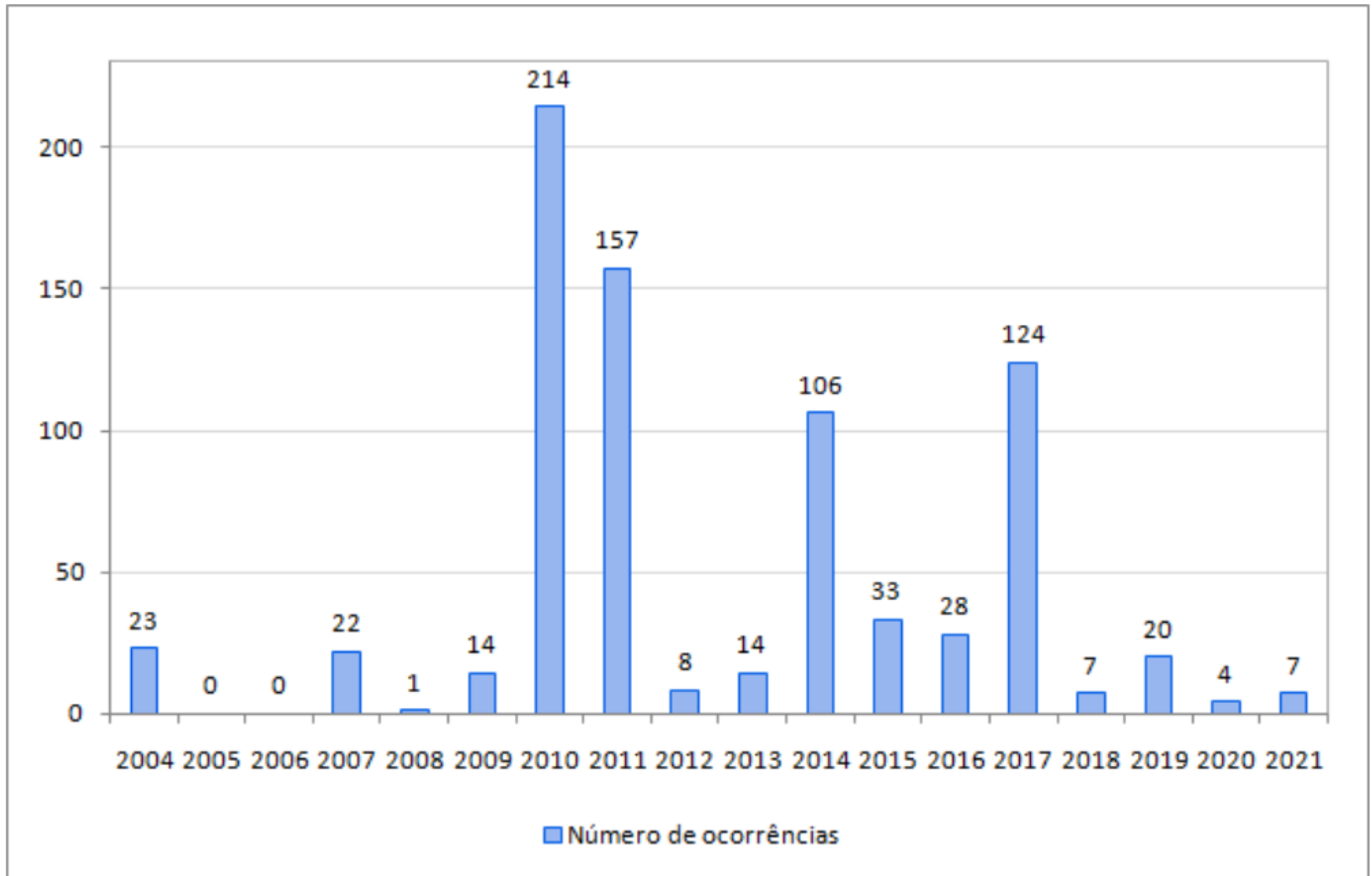
RELATÓRIO ESTIAGEM Nº 09/2022 – SEAPDR

# Contextualização

✓ Cenário (últimos 20 anos)

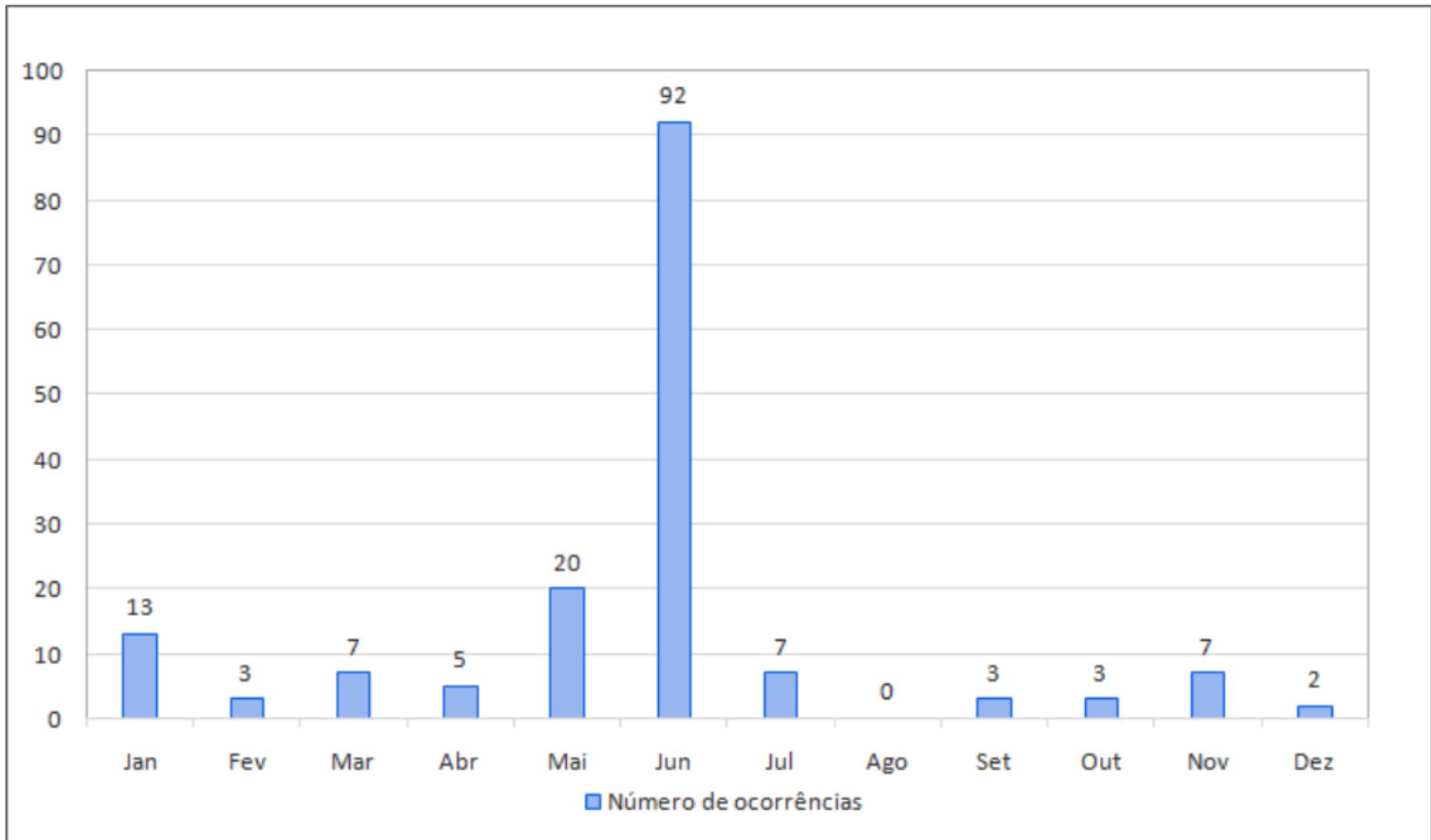
Houve 801 **eventos de enxurrada** no RS 2003-2021.

Anos de 2010,2011,2014 e 2017 concentram 75% dos eventos.



\*Até 2016, foi considerada a data de publicação no Diário Oficial da União. De 2017 em diante, a data de registro. Fonte: S2iD/MDR.

## Enxurradas - Atlas Socioeconômico do Rio Grande do Sul



\*Considerada a data do registro da ocorrência. Fonte: S2iD/MDR

# Qual (s) imposição (s) do “CLIMA”

- Chuvas de maior volume e intensidade.
- Estiagens mais frequentes e severas.
- Temperaturas elevadas.

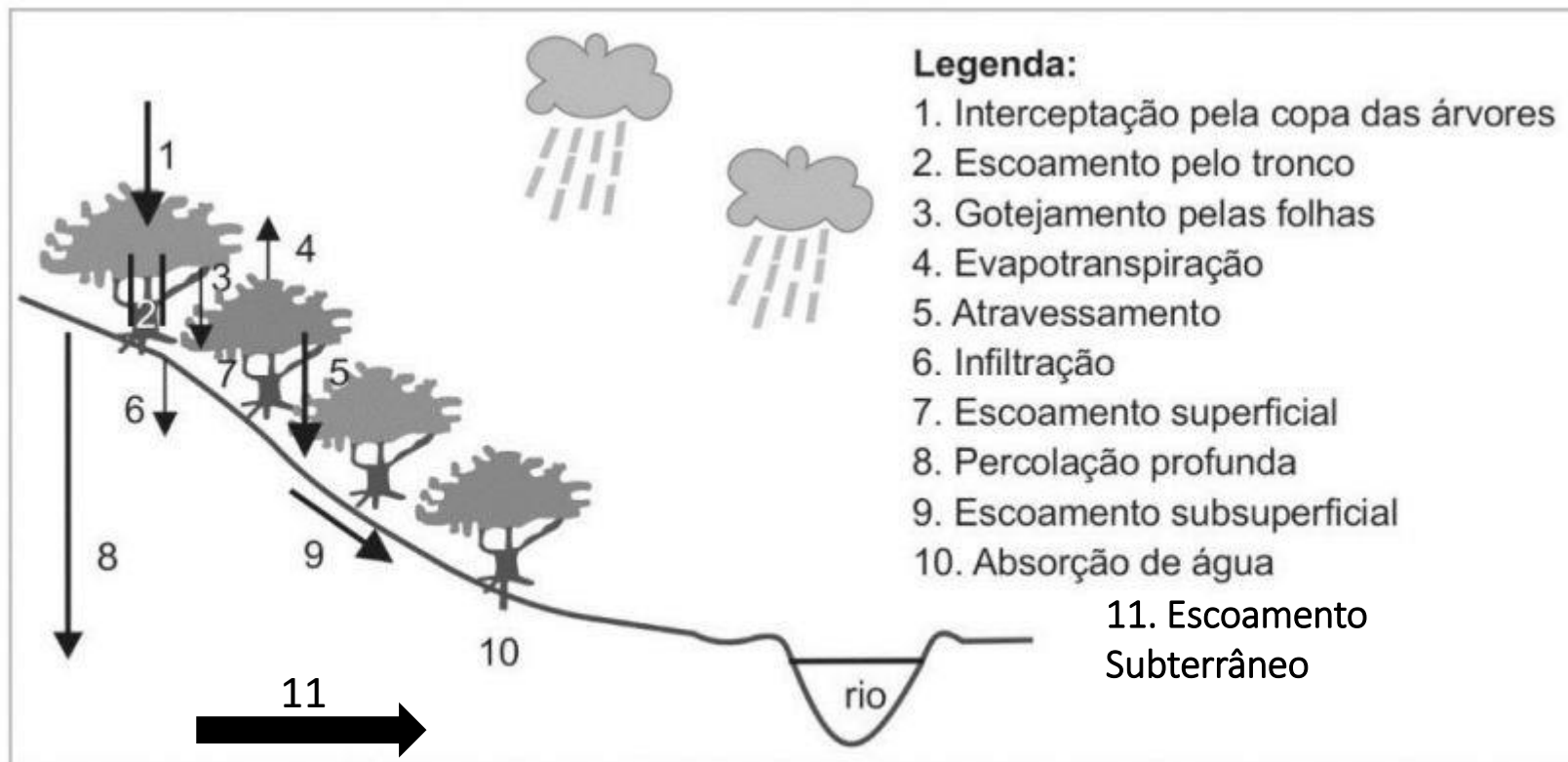


Foto: Eduardo Lorenzi



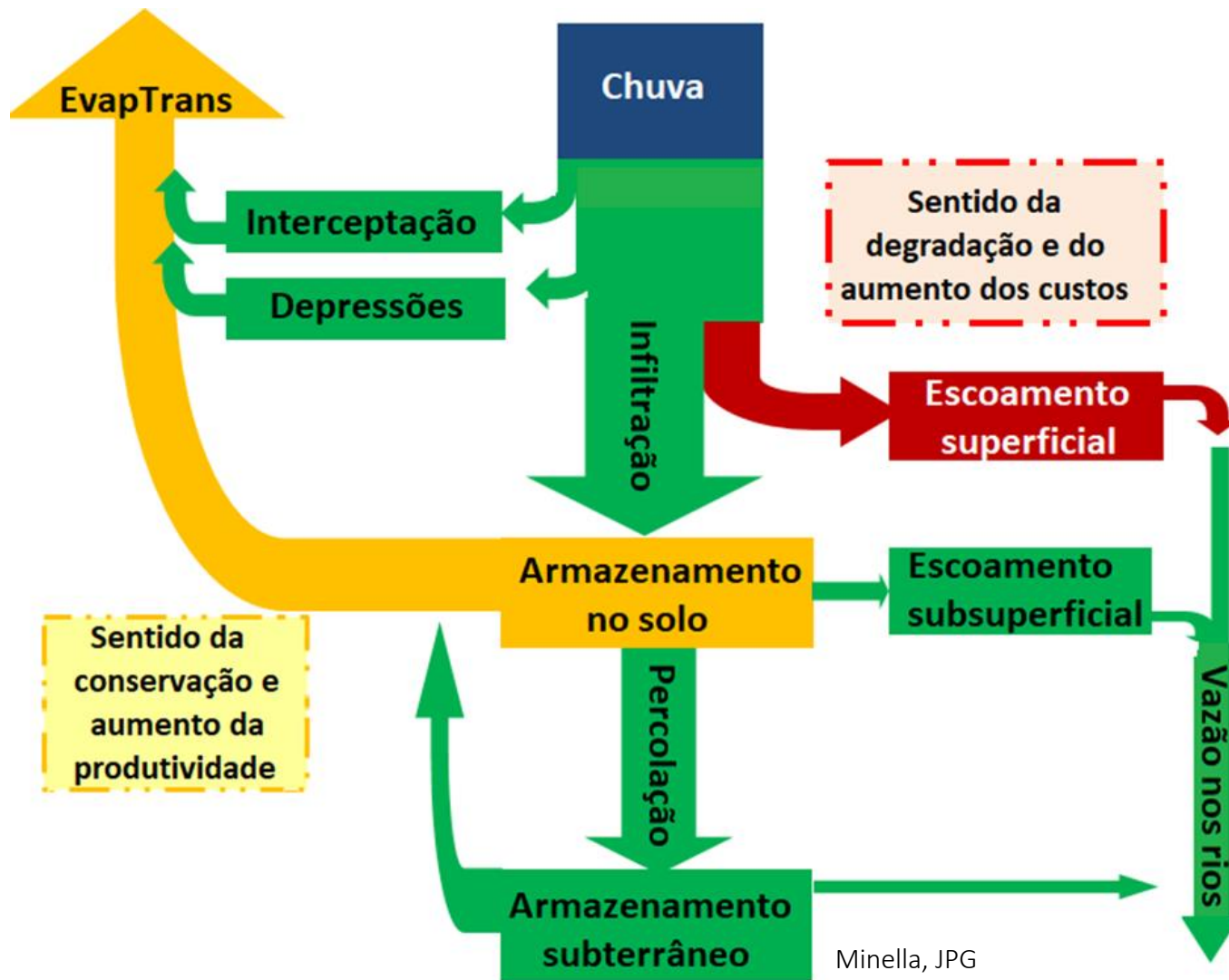
Foto: Pixabay

# Como a hidrologia nos afeta e ensina



Fonte: Botelho, R.G.M (2011).

# Como a hidrologia nos afeta e ensina



Minella, JPG

# A bacia hidrográfica



0,6 m<sup>2</sup>



77 m<sup>2</sup>



6 ha



16 ha



123 ha



2000 Km<sup>2</sup>

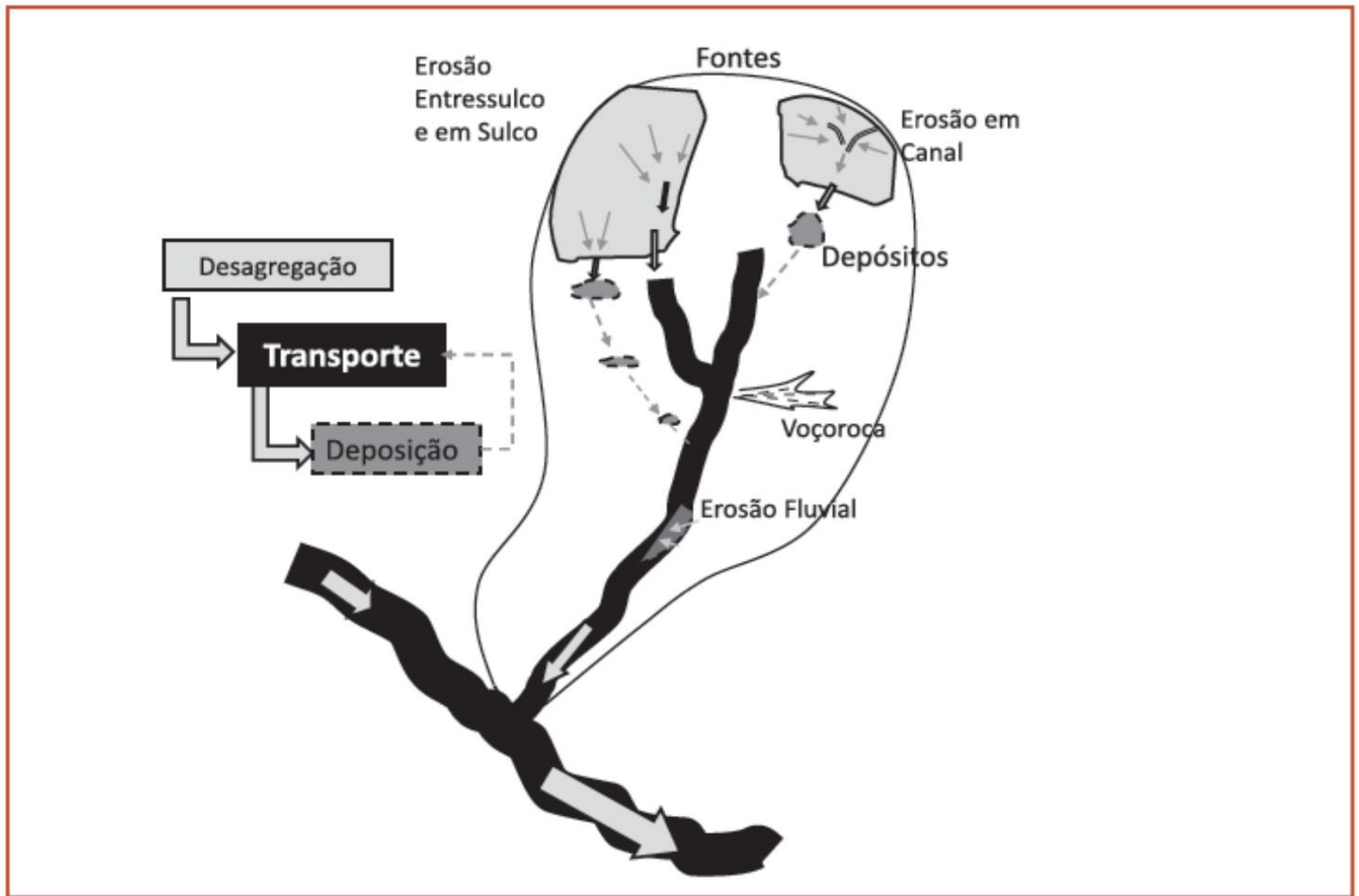


# A bacia hidrográfica



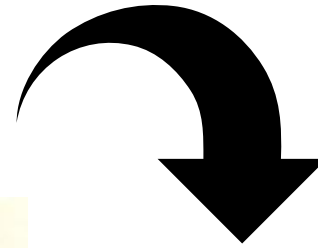
Freitas, L. E.; Nunes, F. S. B.; Cruz, J. C H. O.; Vilela, C.; Mendes, S.; Silva, A. C.; Borges, G (2015).

# A bacia hidrográfica



# Manejo de solo e as práticas conservacionistas no contexto da bacia

Degradação dos anos 60-70



Mudança de manejo  
do solo



Fonte: Perivaldo Mateus Conrado, Aline Mariele Czekalski/  
<https://pt.slideshare.net/matheusaline/compactao-do-solo-fisica>



Daniela de Oliveira

# Esquecimento total ou parcial dos Princípios da conservação de solos

Proteger o solo do impacto das gotas da chuva

Aumentar a estabilidade de agregados

~~Maximizar a taxa de infiltração de água no solo~~

~~Controlar o volume e a velocidade do escoamento superficial~~

# Manejo de solo e as práticas conservacionistas no contexto da bacia

“SPD” sem práticas conservacionistas complementares.



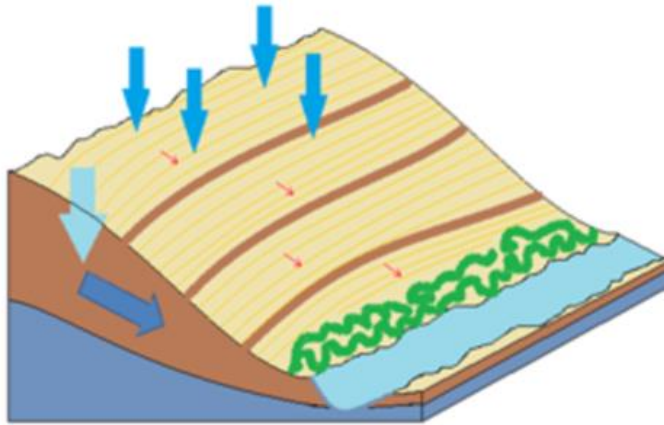
12/05/2023

“SPD” com práticas conservacionistas complementares.



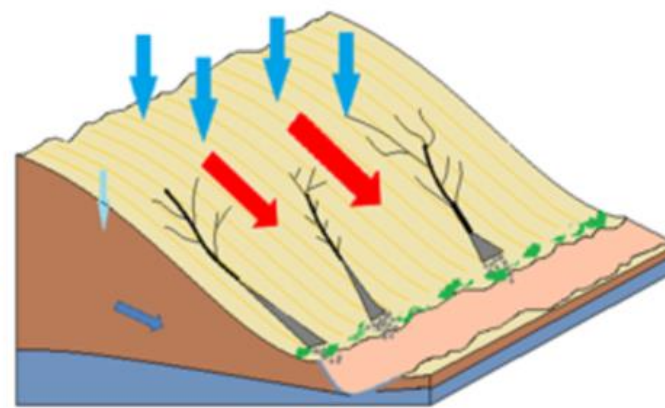
GIPEHS 21

## Manejo adequado

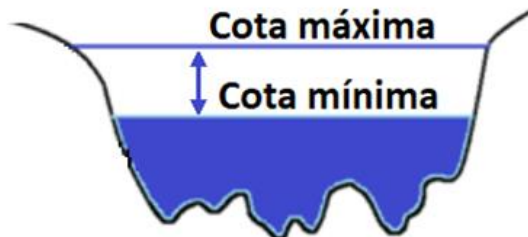


- Aumento na infiltração e disponibilidade de água às plantas;
- Redução na perda de nutrientes e carbono; e
- Aumento na produtividade;

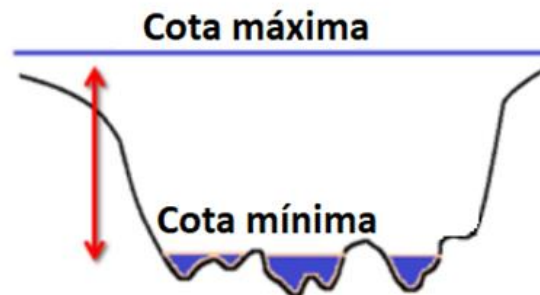
## Manejo inadequado



- Redução na infiltração e aumento no escoamento superficial;
- Elevada perda de nutrientes e de carbono; e
- Aumento nos custos de produção.



- Menor amplitude das vazões nos rios;
- Maior disponibilidade hídrica nos períodos de estiagem para abastecimento e irrigação; e
- Aumento na qualidade da água.



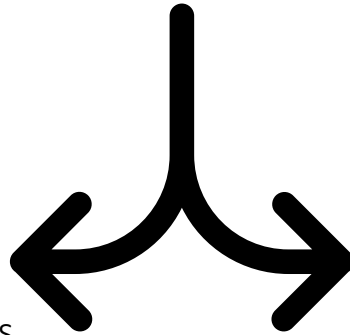
- Maior amplitude das vazões nos rios;
- Aumento nas enxurradas enchentes;
- Menor disponibilidade hídrica nos períodos de estiagem para abastecimento e irrigação;
- Aumento na produção de sedimentos; e
- Aumento na eutrofização.

Minella, et al., 2023 (não publicado)

# O que o RS já fez/aprendeu ?

## RS – Rural

Programa de Manejo dos Recursos Naturais e de Combate à Pobreza Rural

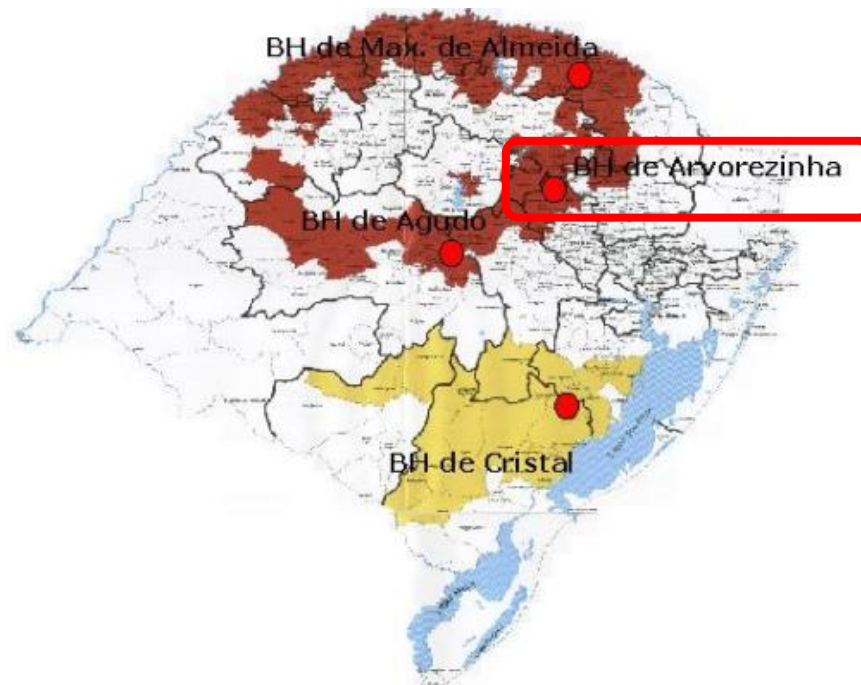


O RS Rural Objetivo: Combater a pobreza, a degradação dos recursos naturais e o êxodo da população rural gaúcha, melhorando sua qualidade de vida e capacidade produtiva e promovendo ações integradas de infraestrutura familiar e comunitária, geração de renda e de manejo e conservação dos recursos naturais, além de projetos de suporte e desenvolvimento institucional.

Sistemas agrícolas visando a disponibilidade e melhoria da qualidade de água no RS.

# RS - Rural

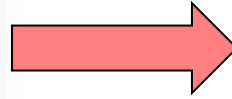
O Projeto de Monitoramento Ambiental de Microbacias Hidrográficas teve como objetivo principal monitorar qualitativa e quantitativamente o impacto da promoção de práticas conservacionistas e de manejo do solo e do ambiente adotadas pelos agricultores e financiadas pelo Programa RS RURAL.





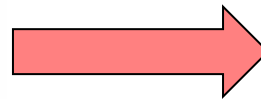
# Cultivo convencional (início do projeto)

Antes...2002



# Cultivo mínimo +

Depois...2004-2009

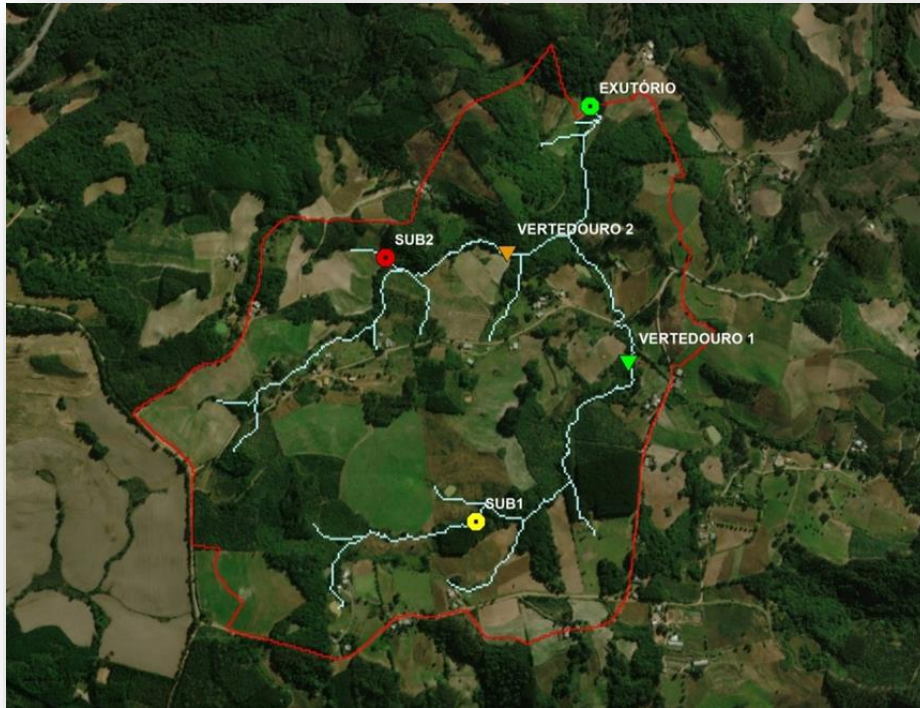


Jean Minella

# Depois...2010 – 2016

Volta ao cultivo convencional - tabaco

Transições de uso do solo (eucalipto, soja, erva-mate)



## Fechamento em 2022

Dificuldade de operação: recursos humanos e financeiros.

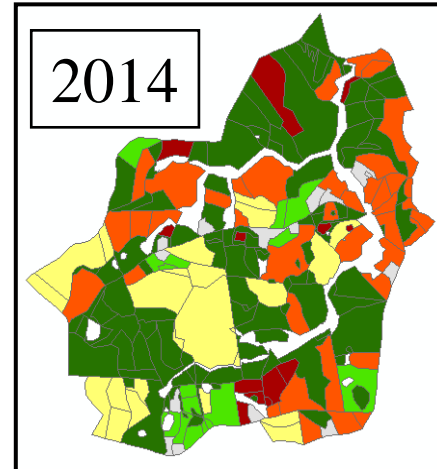
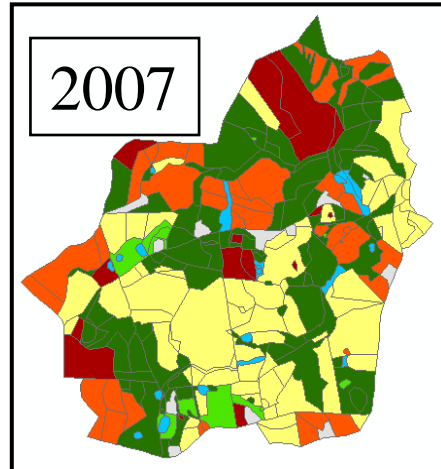
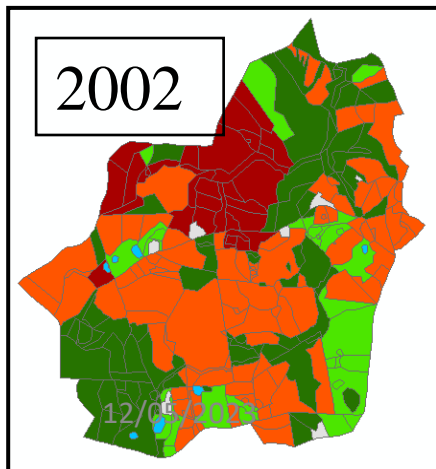
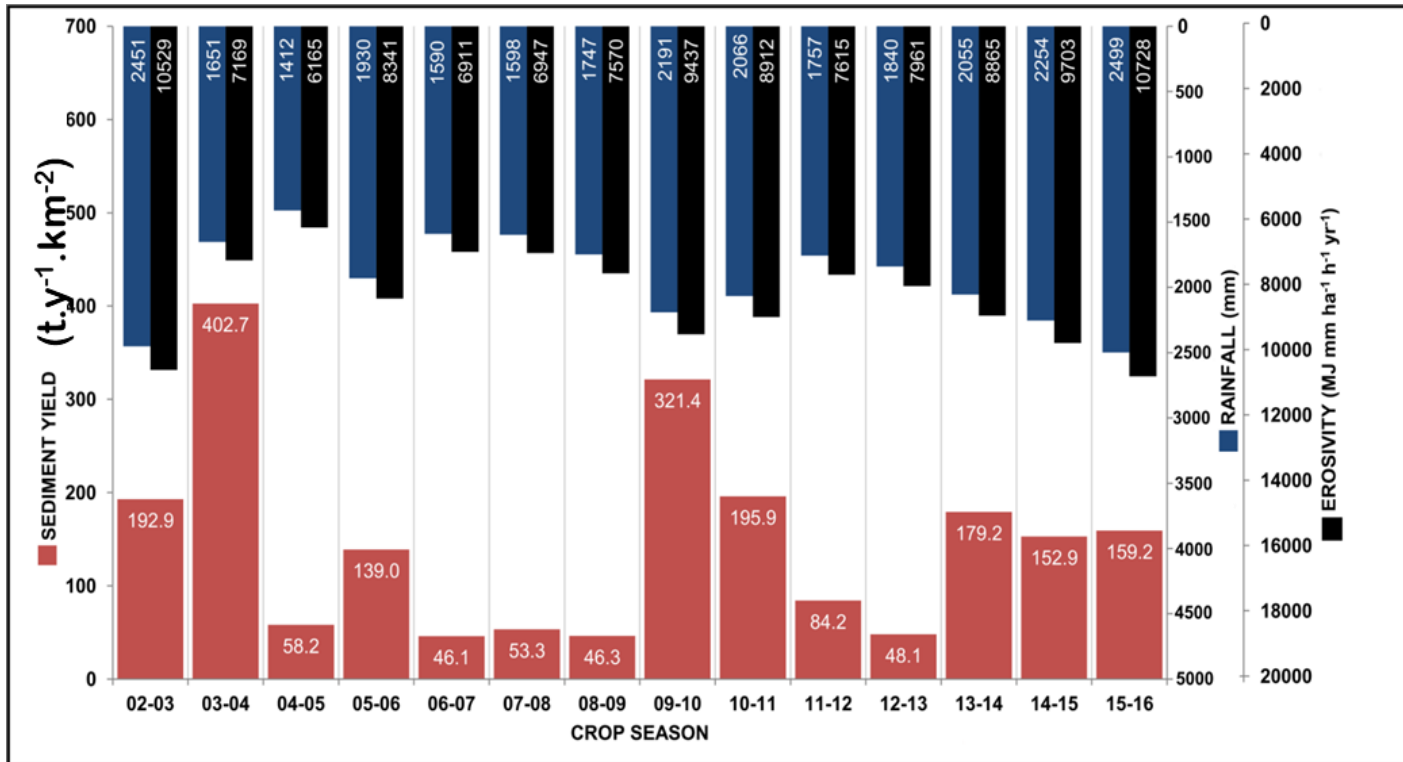




## Monitoramento hidrossedimentológico

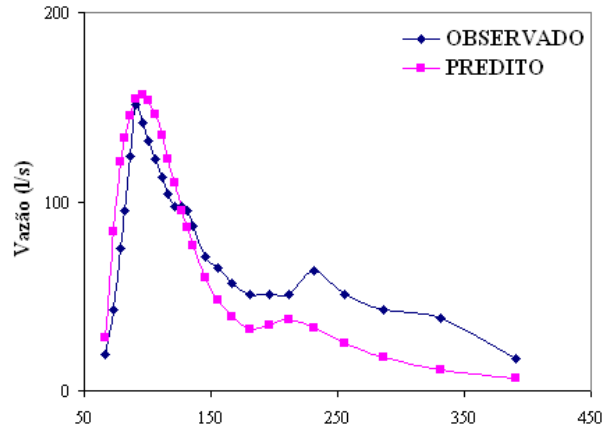
- ✓ Monitoramento de alta frequência incluindo a traçagem dos escoamentos e sedimentos.

# Resumo do monitoramento da produção de sedimentos



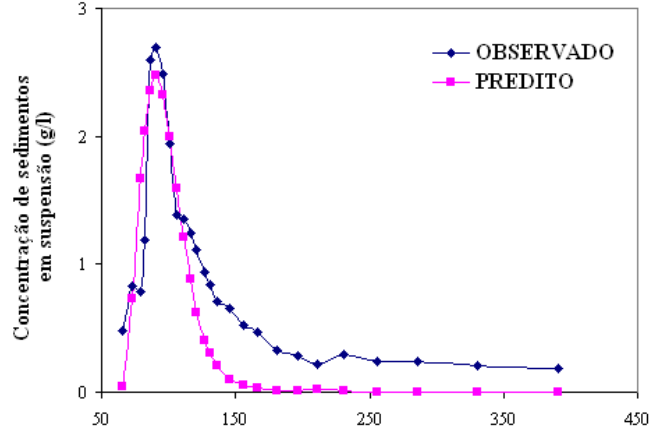
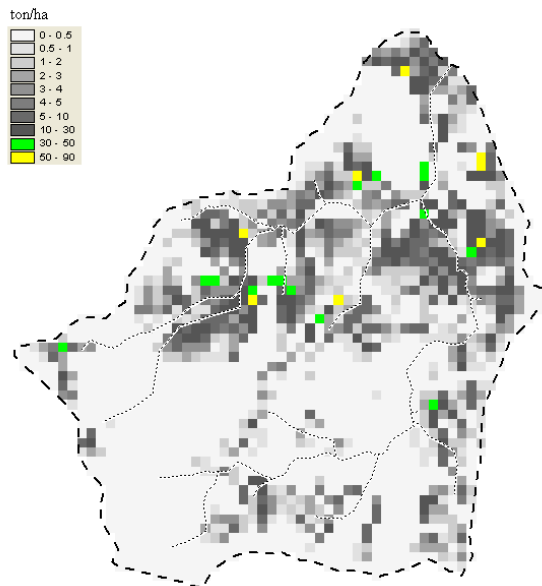
- Cultivo Mínimo
- Plantio Convencional
- Pousio
- Pastagens
- Florestas
- Áreas Úmidas
- Sedes/Outros

# Aplicação de modelos matemáticos na bacia para prever cenários

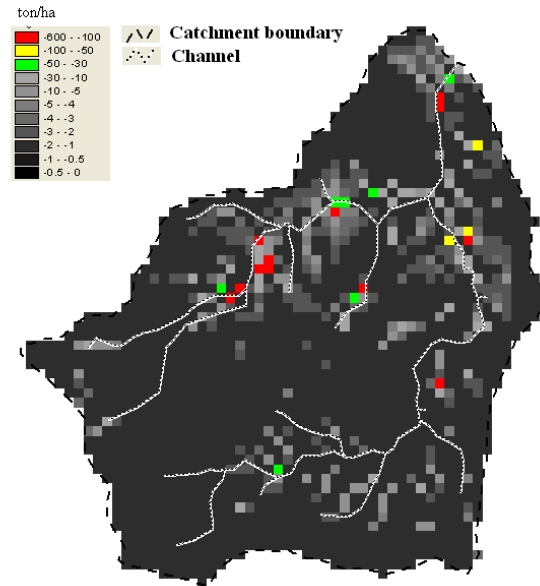


EROSION MAPS

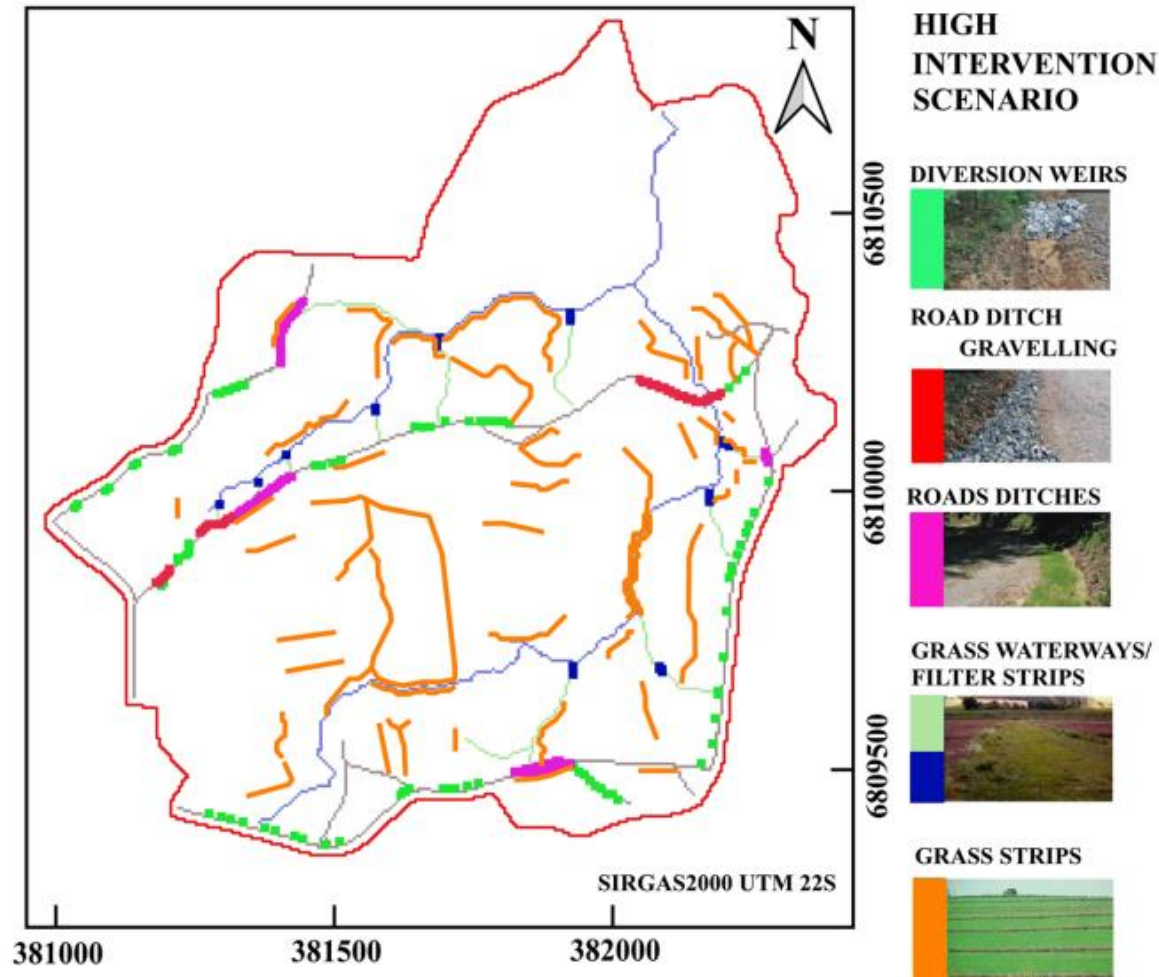
EVENTO 23



DEPOSITION MAPS



...para planejar diferentes condições e avaliar os impactos na geração de sedimentos e escoamento superficial.





**Suíno Água:** reduzir o potencial poluente dos dejetos de suínos.

**Monitora:** monitoramento hidro e da qualidade de água.

**Grãos SPD:** melhoria da qualidade do solo e da água em sist. de grãos.

**Meteoro:** monitoramento dos elementos meteorológicos e previsão do clima e tempo

**PPHidro:** análise socioeconômica e das políticas ambientais e de recursos hídricos.

# Monitoramento hidrossedimentológico e qualidade da água em áreas manejadas sob plantio direto: da parcela à bacia hidrográfica (MONITORA). Coordenação: Jean Minella, UFSM

## O contexto

1. Os processos de transferência de sedimentos e poluentes dependem do estudo na escala de pequenas bacias.
2. Ausência de dados na escala de pequenas bacias que descrevem o impacto da agricultura nos RH por intermédio da erosão e enxurradas.
3. A modelagem da erosão, produção de sedimentos e poluentes na escala de bacia, necessita de um robusto programa de monitoramento em diferentes escalas e condições fisiográficas.
4. Treinamento de cientistas em técnicas modernas de monitoramento e modelagem dos processos de mobilização e transferência de sedimentos e poluentes das fontes aos rios.

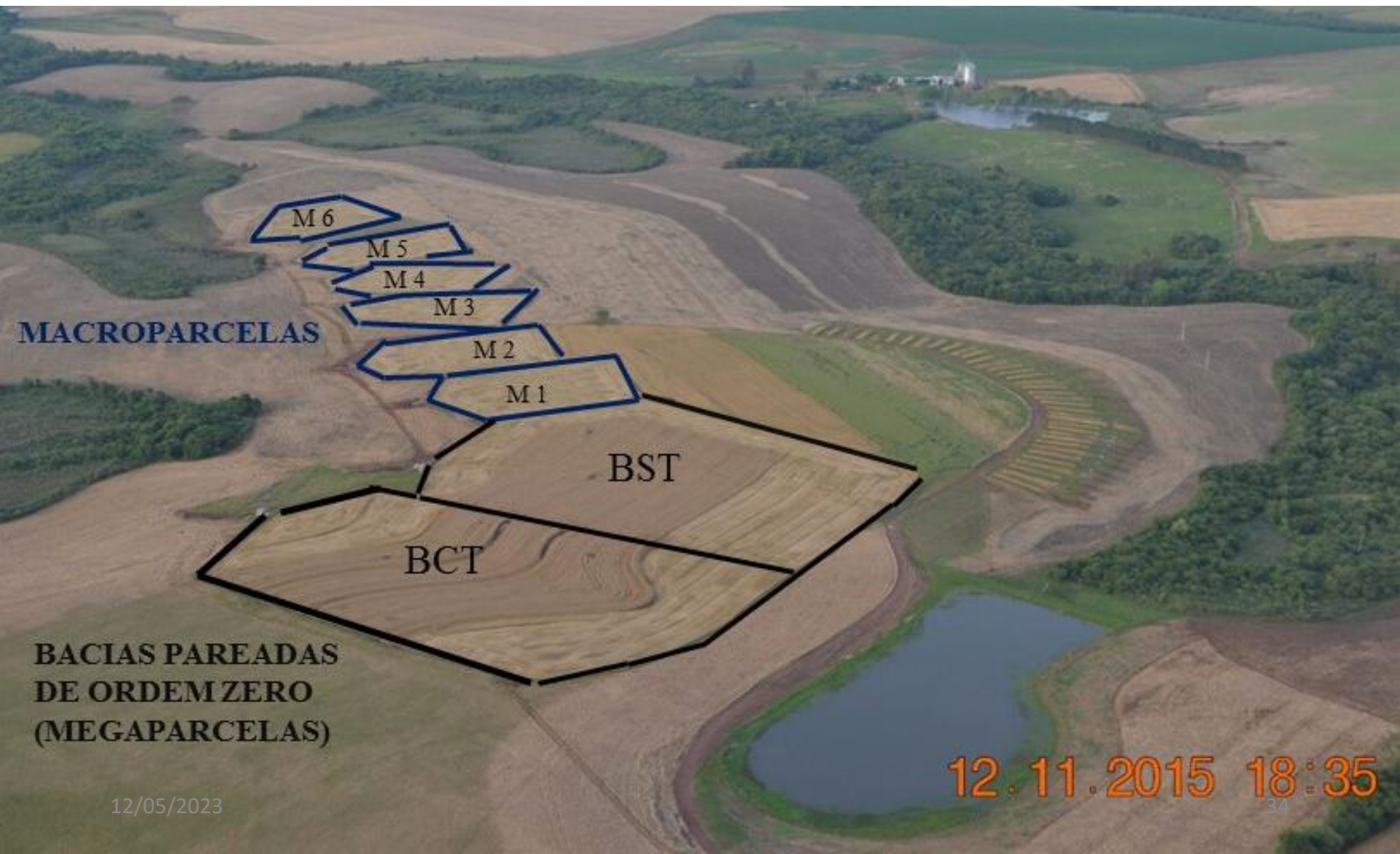




# Objetivos

1. Avaliação do impacto da agricultura nos recursos hídricos e funções hidrológicas dos solo;
2. Descrição de processos de conexão entre calha e vertente do escoamento superficial, erosão, produção de sedimentos e poluição dos recursos hídricos;
3. **Avaliação quantitativa e proposição de práticas de conservação do solo e da água para a adaptação dos sistemas agrícolas aos eventos extremos;**
4. **Ampliação da rede de monitoramento de pequenas bacias (0,5ha-2000km<sup>2</sup>);**
5. Parametrização e adaptação de modelos de erosão na escala de bacia.

# Monitoramento em (1) Macroparcerlas (encostas) (2) Bacias de Ordem Zero em Plantio Direto



# Como os manejos controlam a dinâmica do escoamento e da erosão?



Terraceamento



Adição de fitomassa

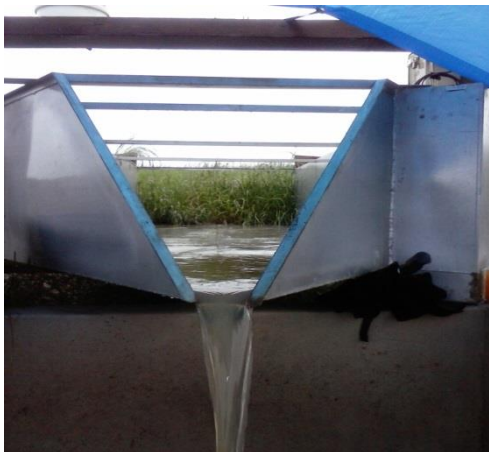


Escarificação

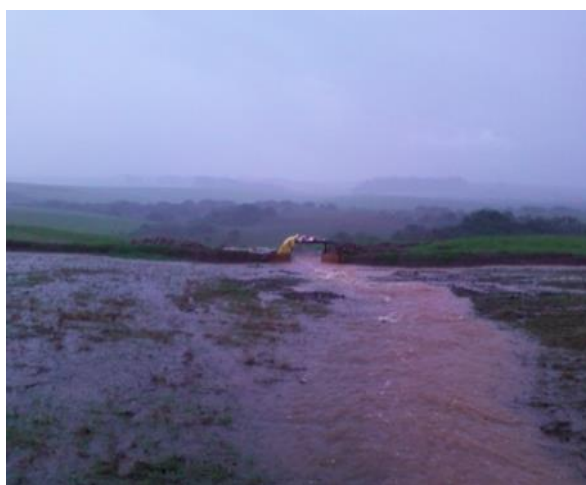


Fluxo de água no solo e na superfície

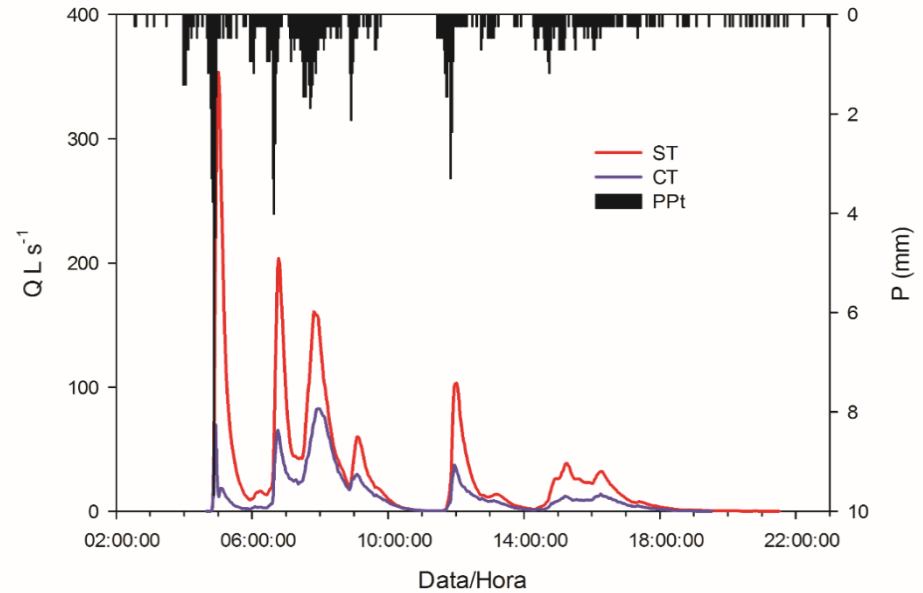
## Com Controle de Escoamento superficial - Terraceamento



## Sem Controle de Escoamento superficial









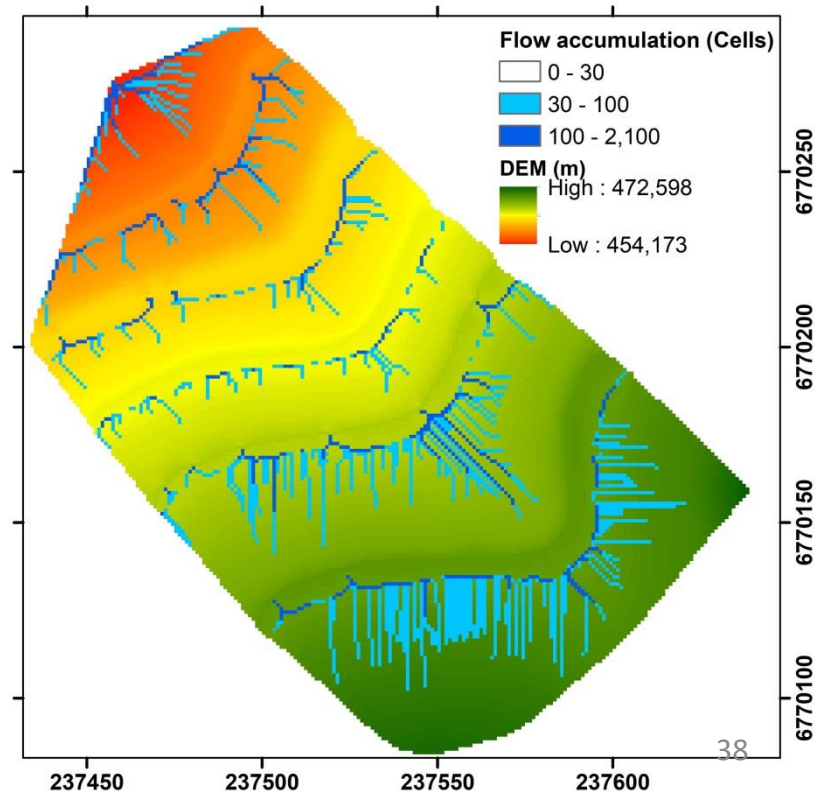
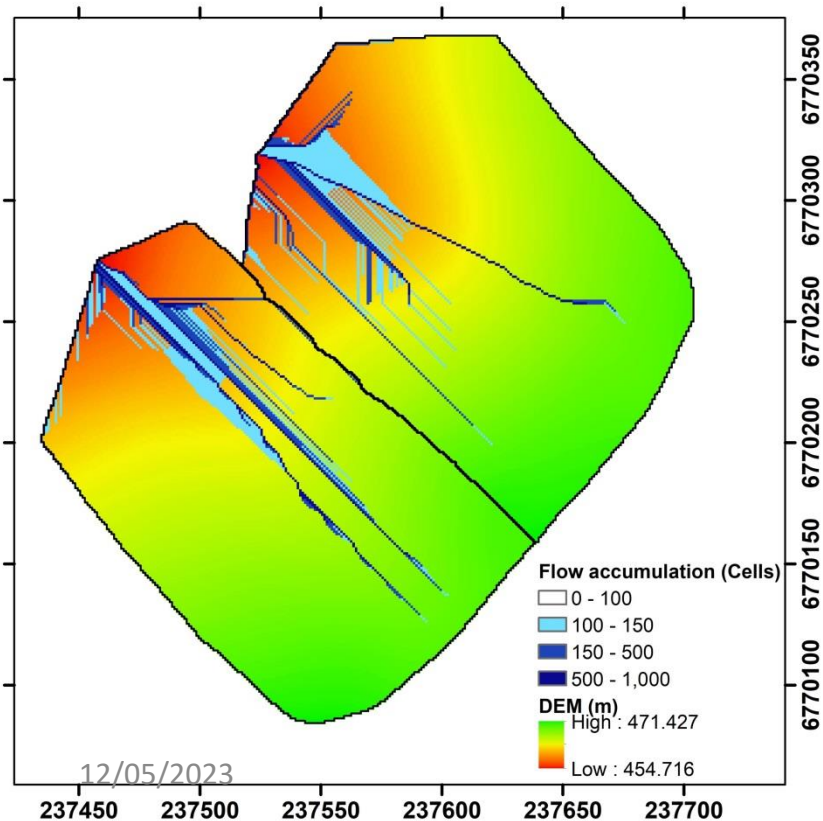
# Evento extremo 08/10/2015 – 165 mm



Bacias	VT ( $m^3$ )	% ES
ST	1722	44
CT	686	18

## Managing runoff in rainfed agriculture under no-till system: potential for improving crop production

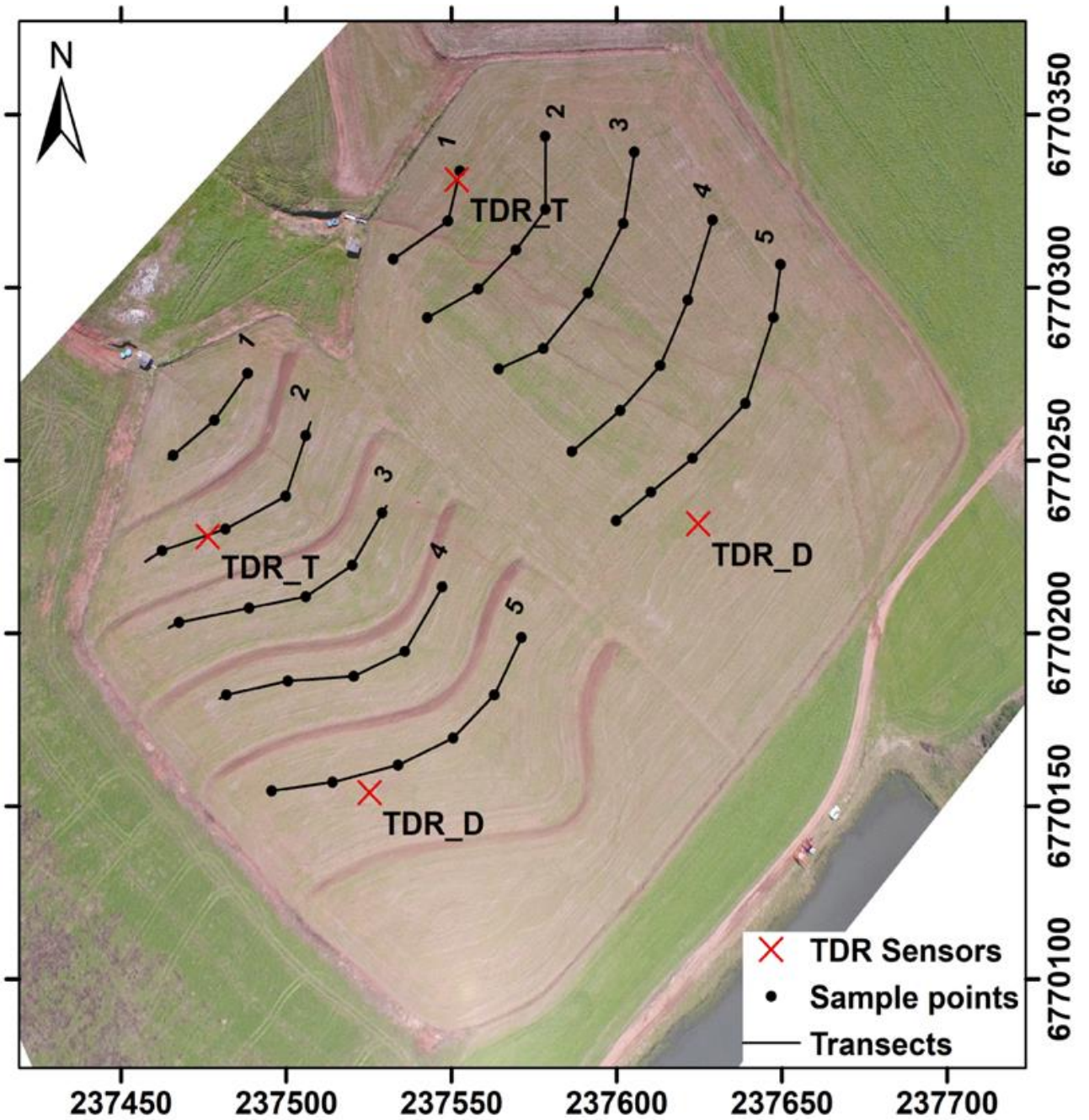
Tiago Hörbe<sup>(1)</sup> , Jean Paulo Gomes Minella<sup>(1,2)\*</sup> , Fabio Jose Andres Schneider<sup>(1)</sup> , Ana Lúcia Londero<sup>(1)</sup> , Paulo Ivonir Gubiani<sup>(1,2)</sup> , Gustavo Henrique Merten<sup>(3)</sup>  and Alexandre Schlesner<sup>(1)</sup> 





SIRGAS 2000 UTM 22J

12/05/2023

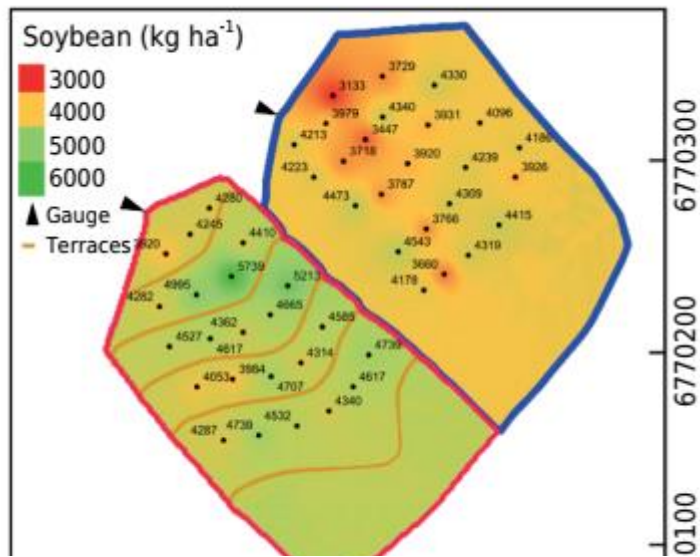


237450 237500 237550 237600 237650 237700

6770350  
6770300  
6770250  
6770200  
6770150  
6770100

- X TDR Sensors
- Sample points
- Transects

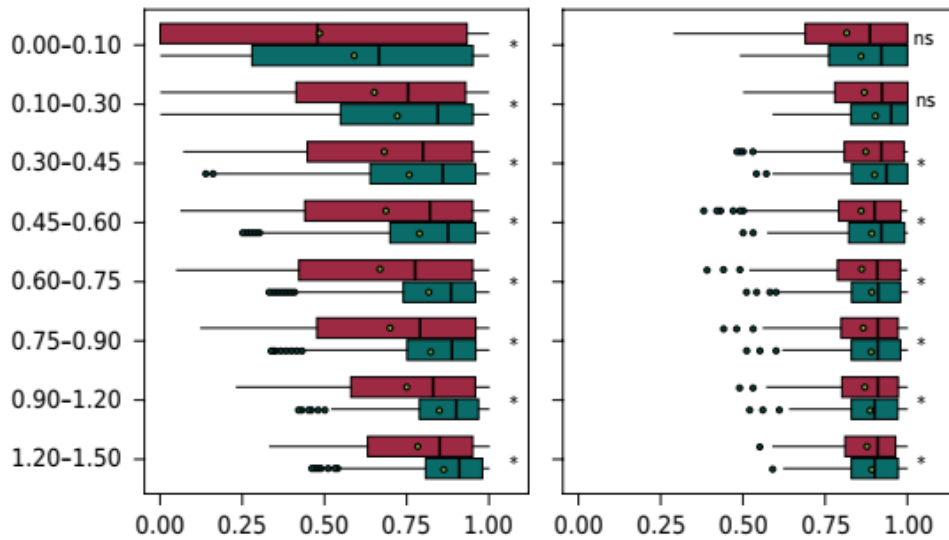
# Safra 2016-2017



Top of hillslope

Corn

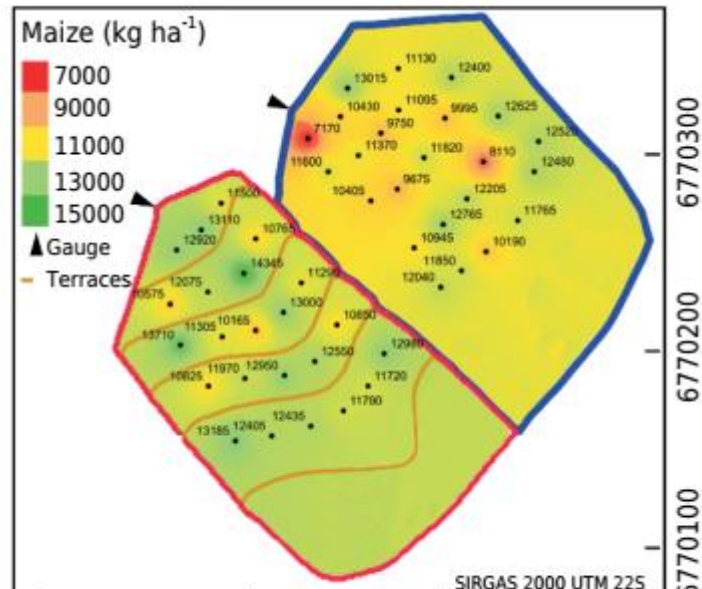
Bottom of hillslope



Fraction of available water to plants

NTC TC

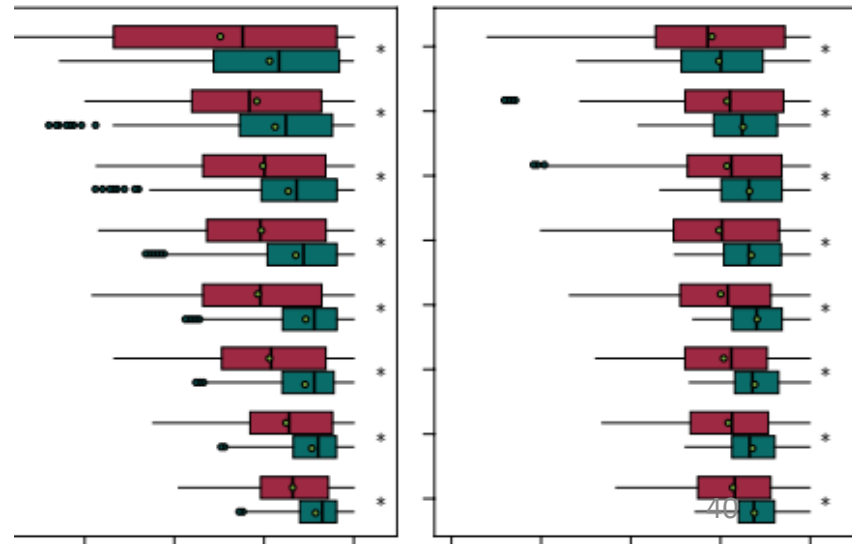
# Safra 2017-2018



Top of hillslope

Soybean

Bottom of hillslope



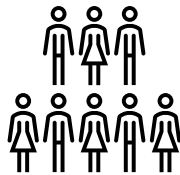
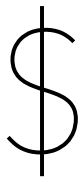
12/05/2023



## Resumo:

- 1 – As perdas de água em plantio direto sem práticas mecânicas são significativas.
- 2 – As vazões máximas e a forma dos hidrogramas indicam elevada energia que pode ser convertida em erosão nos talvegues.
- 3 – O controle de escoamento reduziu as perdas de água em 90%.
- 4 – Redistribuição da água (água disponível) na encosta.
- 5 – Aumento na produtividade.

**Fechamento em  
2019.**



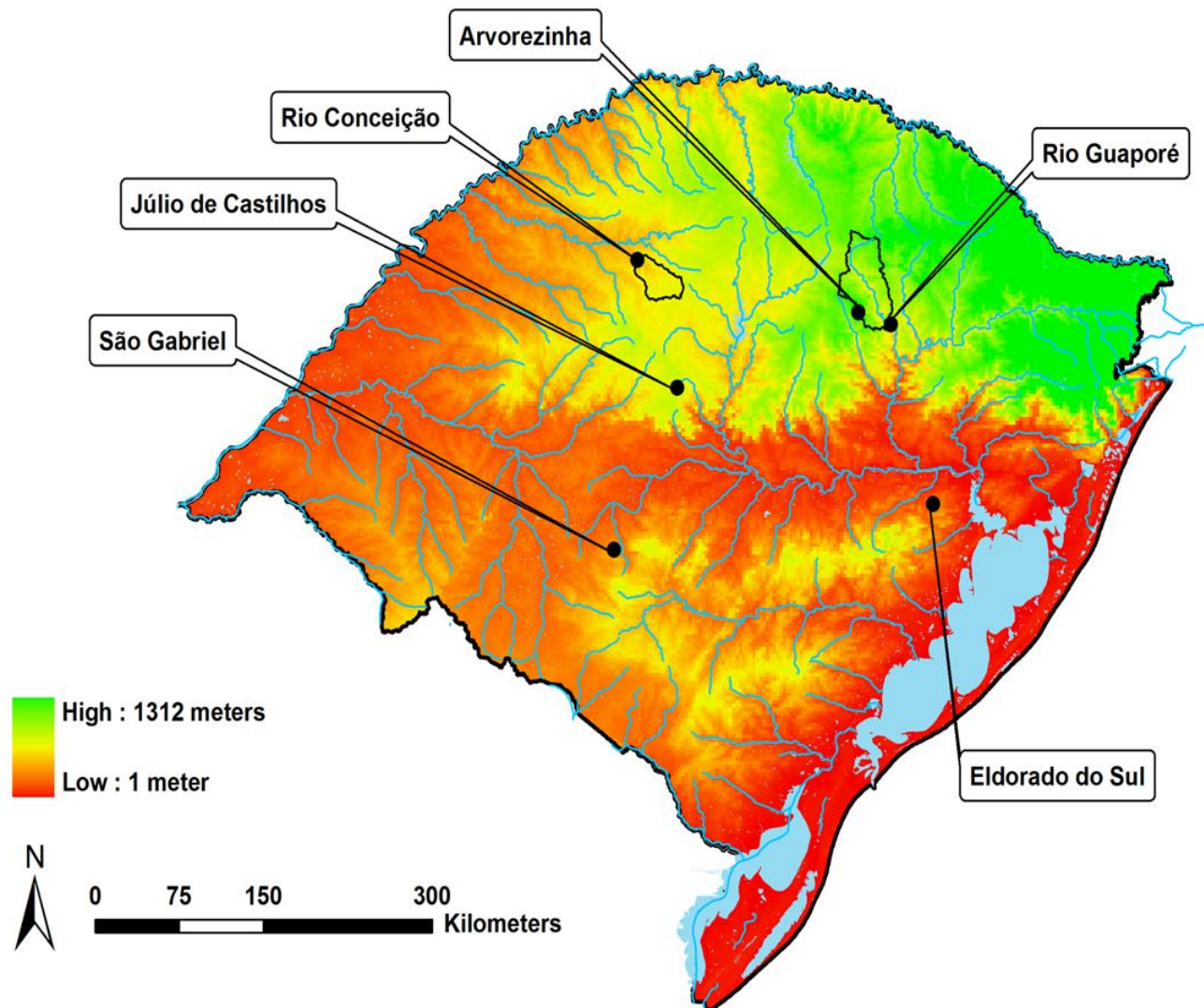
**Sem controle do escoamento**



**Com controle do escoamento**



# O que o RS já fez/aprendeu ?



# Monitoramento de chuva, vazão e sedimentos na escala de bacia RS

Bacia do Rio Guaporé (2000km<sup>2</sup>): encosta do planalto com agricultura diversificada (2012-2015)

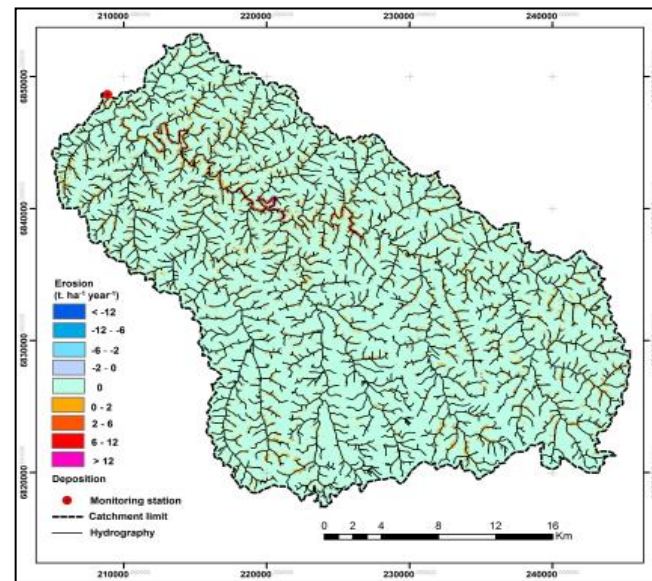
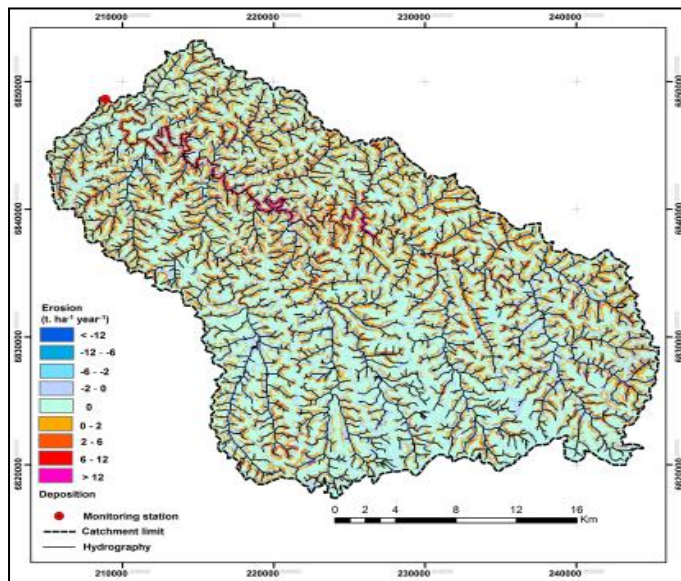
Bacia do Rio Conceição (800km<sup>2</sup>): planalto com produção de grãos (2012-2018)

Bacia de Arvorezinha (1,2km<sup>2</sup>): encosta do planalto com produção de tabaco (2002-2022)



0 75 150 300 Kilometers

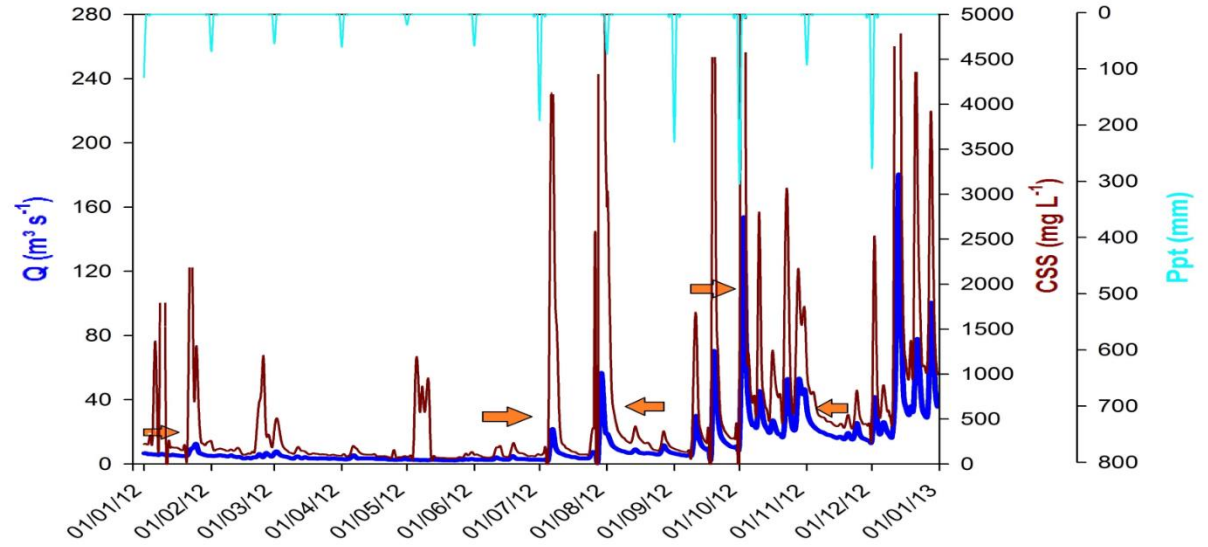
# Modelagem de cenários conservacionistas



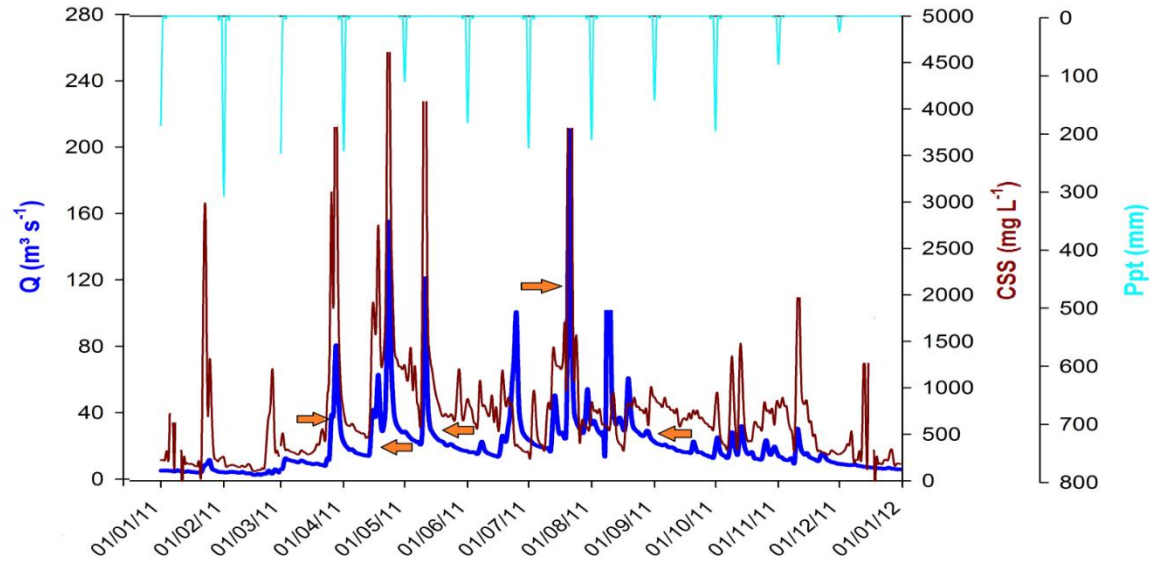
Ano	Chuva mm	$EI_{30}$ $MJ\ mm\ ha^{-1}\ h^{-1}$	PS	
			Medido	Simulado
			$(t\ km^{-2}\ ano^{-1})$	
2011	2135	11222	119.5	107.5
2012	1632	9476	73.6	87.5
2013	1458	8164	36.8	37.9
2014	2251	12129	154.4	114.1
2015	2470	12368	259.1	119.5



Estiagem: cota ~ 1m



Cheia: cota ~ 7m



# O que podemos fazer?

O projeto conta com 55 bolsas de pesquisas e R\$ 12 milhões em recursos – metade bancada pelo Sistema FAEP/SENAR-PR e metade pela Fundação Araucária e a Superintendência Geral de Ciência, Tecnologia e Ensino Superior (Seti), do governo do Paraná.

## As mesorregiões dos estudos do ProSolo

Confira no mapa as principais informações de cada divisão do Estado onde estão sendo feitas pesquisas que vão ajudar na formação de políticas públicas para a conservação do solo e da água





GOVERNO DO ESTADO  
**RIO GRANDE DO SUL**

SECRETARIA DA AGRICULTURA, PECUÁRIA,  
PRODUÇÃO SUSTENTÁVEL E IRRIGAÇÃO



**FAMURS**

É no município que tudo acontece.

DEPARTAMENTO DE  
**SOLOS**  
**UFRGS**



OBRIGADA!

Email:

claudia.barros@ufrgs.br

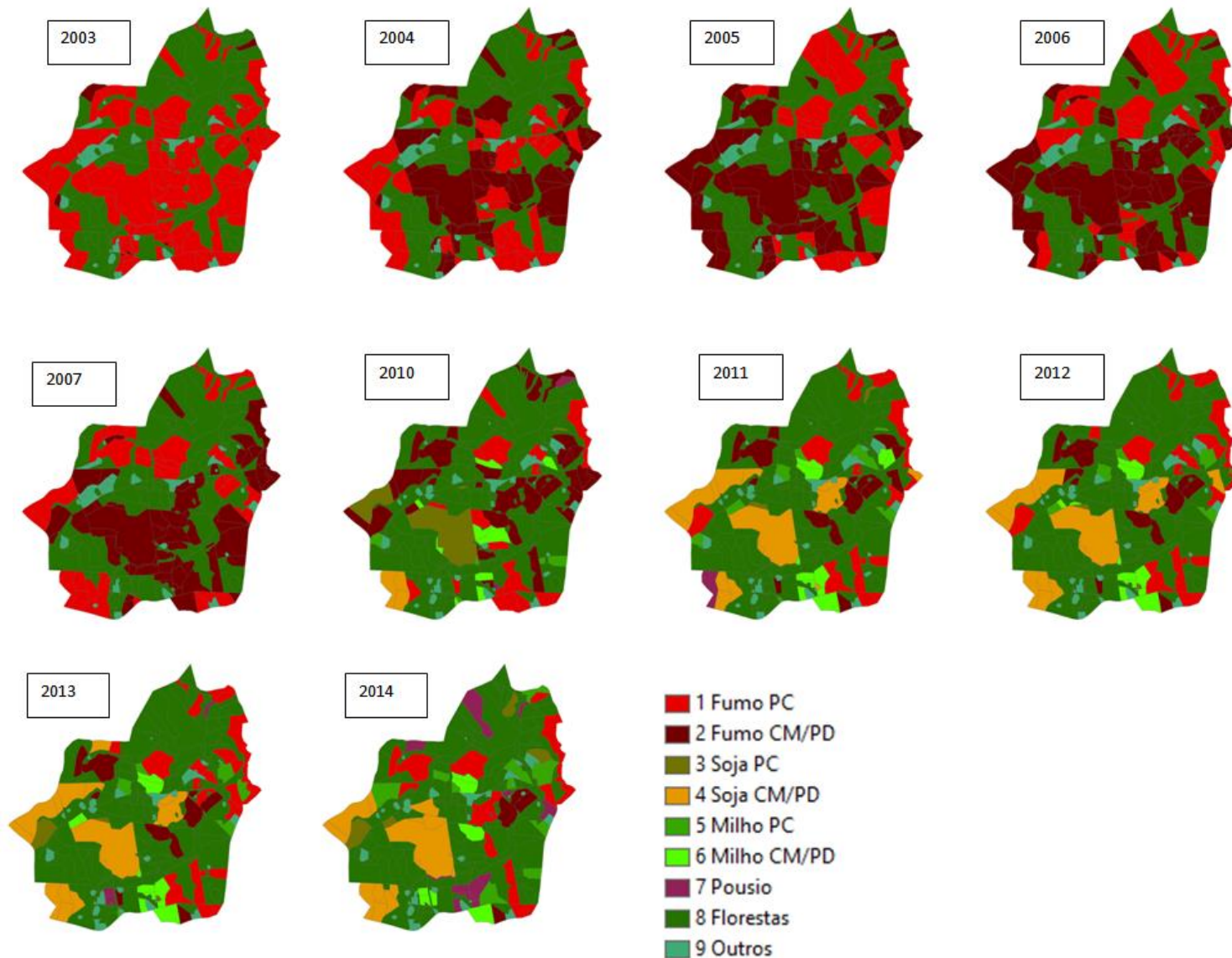
**IRG**   
**EB**

interdisciplinary research group on  
environmental biogeochemistry



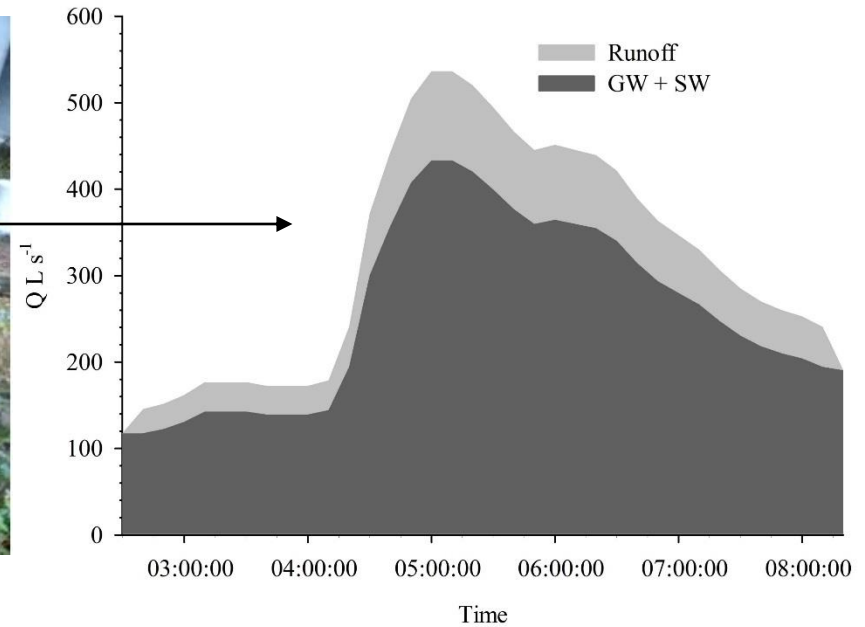
  
**GIPEHS**  
GRUPO INTERDISCIPLINAR DE PESQUISA EM EROÇÃO E HIDROLOGIA DE SUPERFÍCIE

# Mapas de uso e manejo





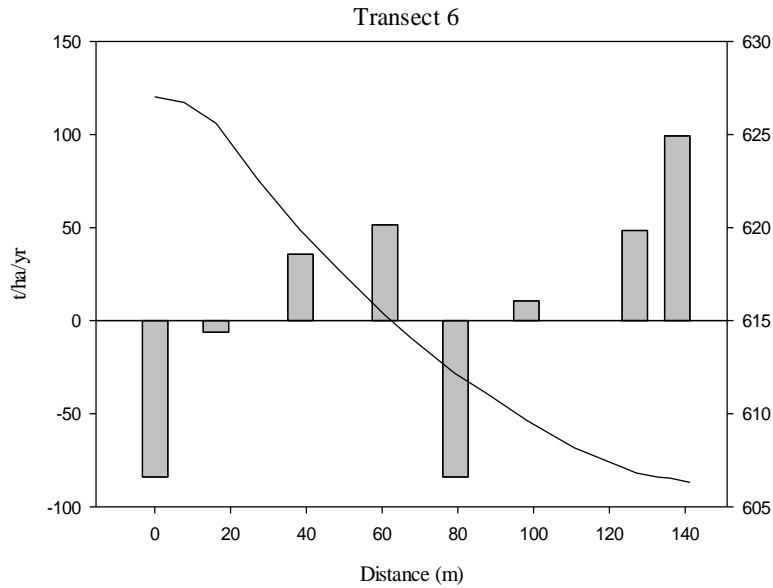
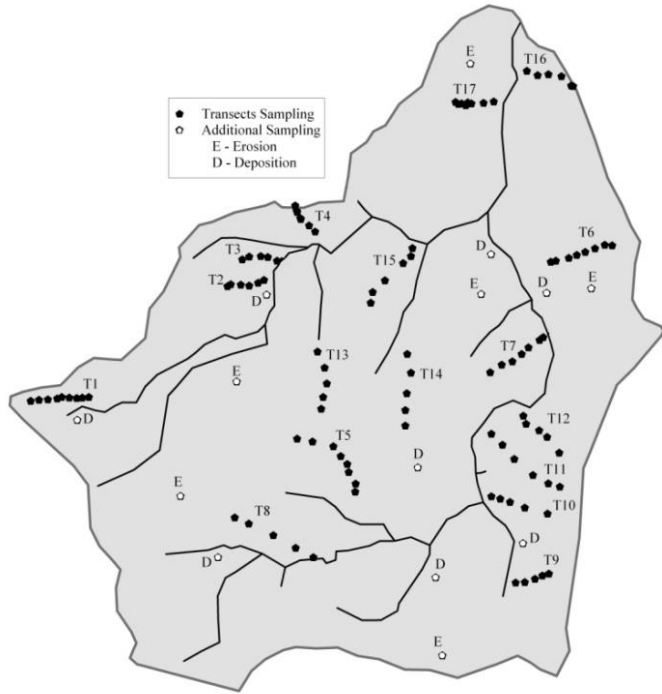
# Escoamentos subsuperficiais



Magnitude	Outono - Inverno	Primavera - Verão
	----- % -----	
Alta	44,33	
	29,00	
Média	80,08	42,10
		49,60
Baixa	80,06	57,80
	59,10	64,20

Tendência?

# Inventários e redistribuição dos sedimentos



Gross erosion on the cultivated hillslopes  
977 t.y<sup>-1</sup>

Erosion of tracks and unpaved roads  
85 t.y<sup>-1</sup>

Channel erosion  
4 t.y<sup>-1</sup>

Sediment yield  
156 t.y<sup>-1</sup>

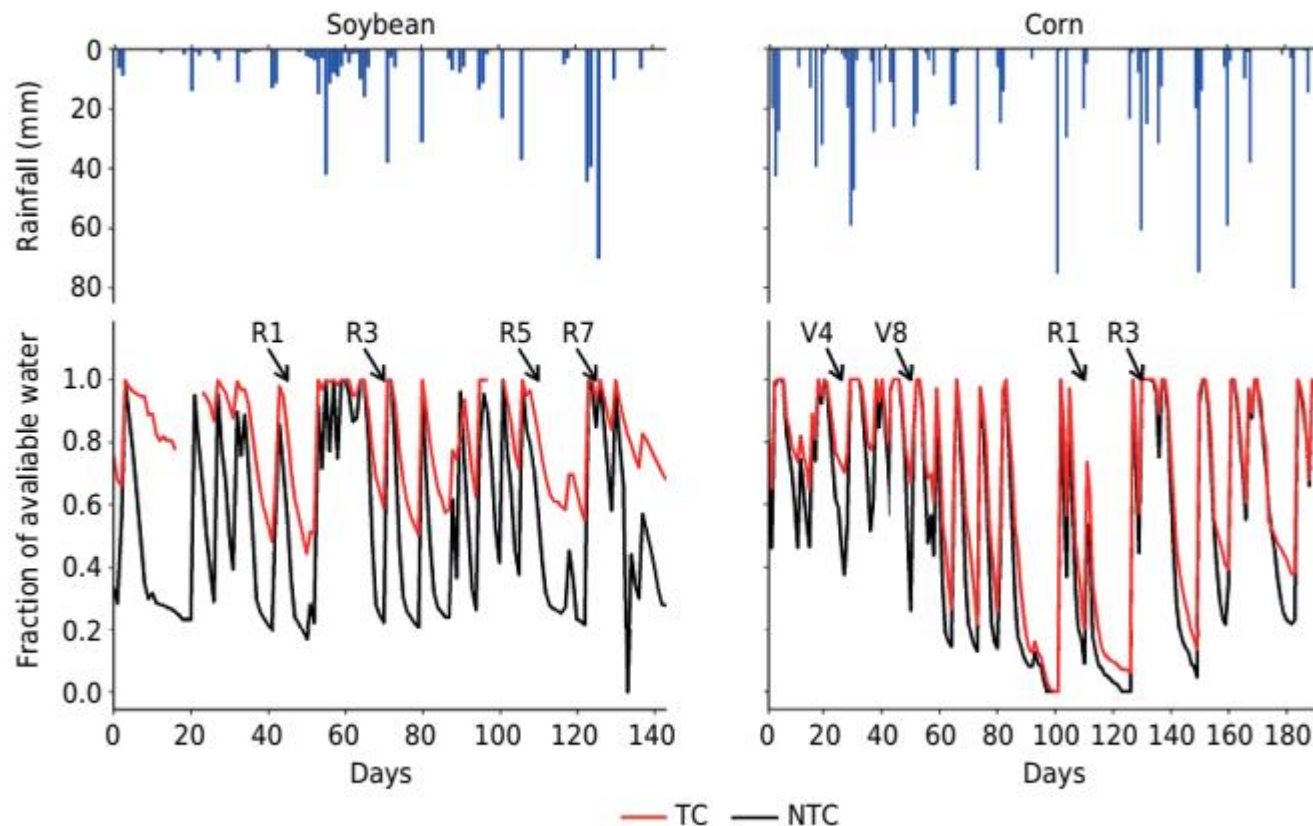
In-field deposition  
540 t.y<sup>-1</sup>

Field to channel and valley floor sinks conveyance loss  
195 t.y<sup>-1</sup>

Deposition within valley floor sinks  
94 t.y<sup>-1</sup>

Floodplain deposition  
75 t.y<sup>-1</sup>

Channel and riparian area sedimentation  
5 t.y<sup>-1</sup>



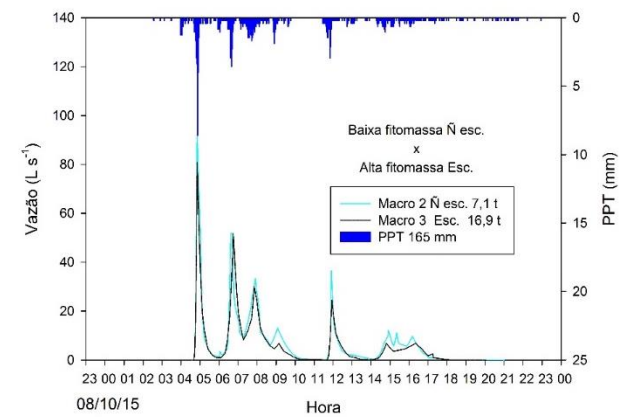
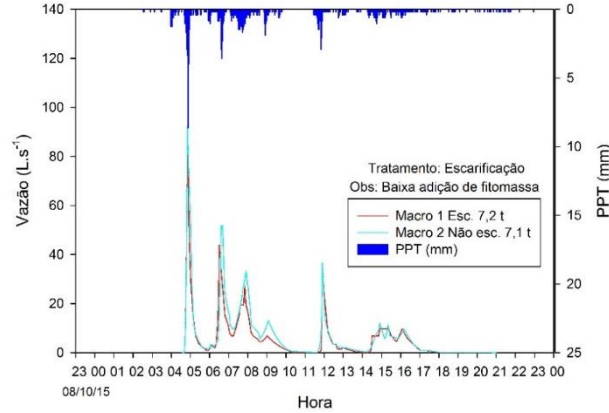
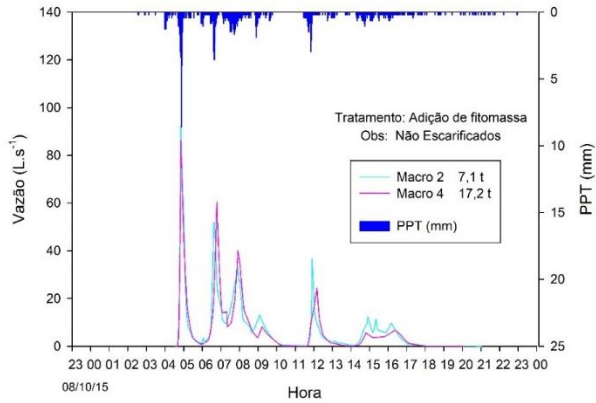
**Figure 8.** Rainfall and fraction of available water in the rooting zone (0.00-0.30 m) during the corn and soybean cycles.

## CONCLUSIONS

Soil water availability and crop yields were higher in the catchment with terrace. Terracing in no-till provided higher corn and soybean productivity by 10 and 12 %, respectively, thus demonstrating the efficiency of the terraces as a strategy to mitigate crop water deficits by managing runoff.

Plots	2014					2015					2016					2017					2018																																											
	J	A	S	O	N	D	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	J	F	M	A	M	J																												
NTC	Oat					Soybean					Fallow					Wheat					Soybean					Wheat					Soybean					Black Oat + Vicia					Corn					Forage radish																		
TC	Oat					Soybean					Fallow					Wheat					Soybean					Wheat					Soybean					Black Oat + Vicia					Corn					Forage radish																		
CLF	Wheat					Soybean					Fallow					Wheat					Soybean					Fallow					Wheat					Soybean					Fallow																							
NCLF	Wheat					Soybean					Fallow					Wheat					Soybean					Fallow					Wheat					Soybean					Fallow																							
CHF	Oat					Corn					Forage radish					Wheat					Soybean					Oat					Corn					Forage radish					Oat					Soybean					Black Oat + Vicia													
NCHF	Oat					Corn					Forage radish					Wheat					Soybean					Oat					Corn					Forage radish					Oat					Soybean					Black Oat + Vicia													

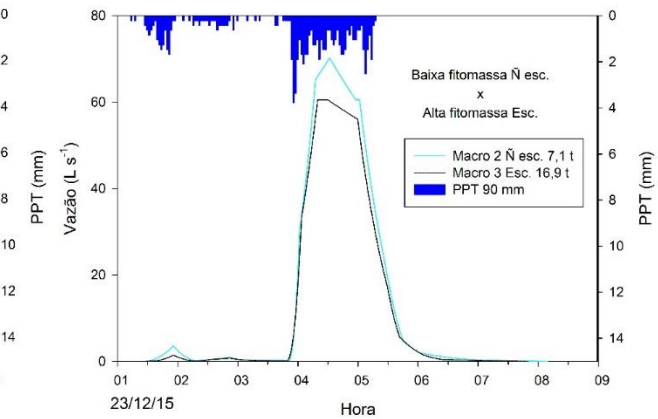
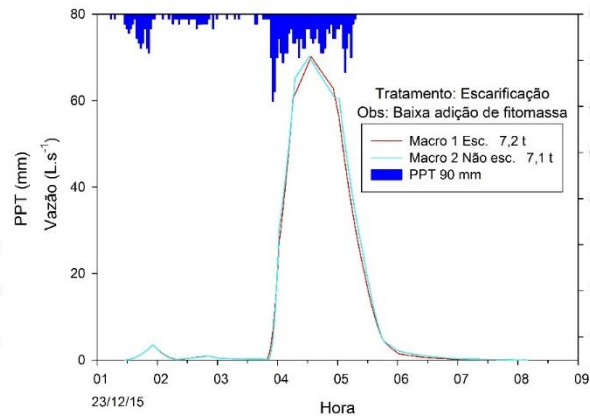
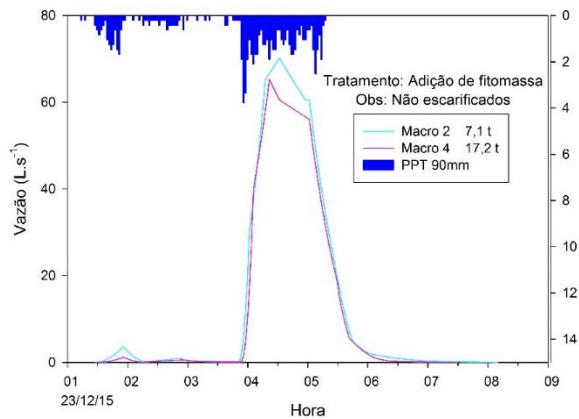
# Evento extremo 08/10/2015 – 165 mm Umidade antecedente- 35 mm



Macroparcelas	VT (m <sup>3</sup> )	% ES	PS (Kg)
M1	318,4	32	24,76
M2	386	41	48,07
M3	329,4	32	11,94
M4	364	39	12,6



# Evento 23/12/2015 – 90 mm Umidade antecedente – 57 mm

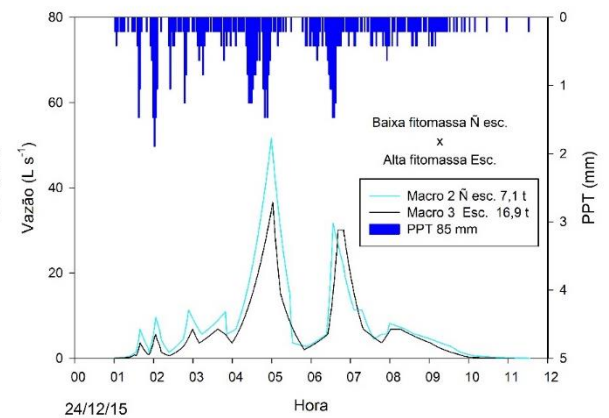
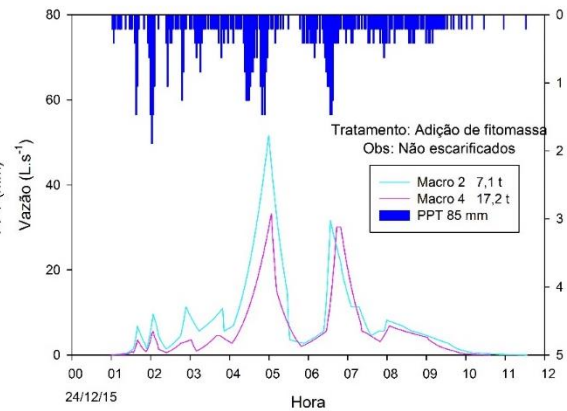
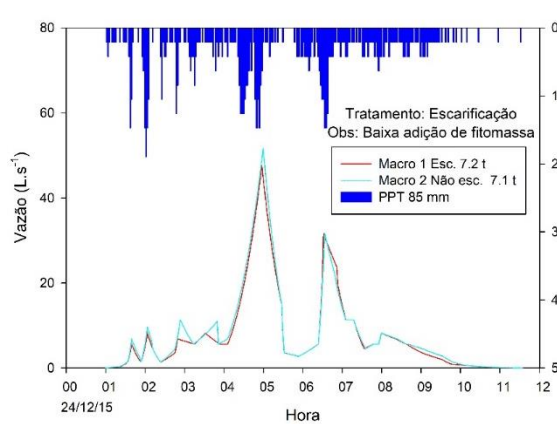


Macroparcelas	VT (m³)	% ES	PS (Kg)
M1	289,3	52	103
M2	311,9	59	159
M3	273,9	47	90
M4	277,2	53	32



# Evento 24/12/2015 – 85 mm

## Umidade antecedente – 133 mm



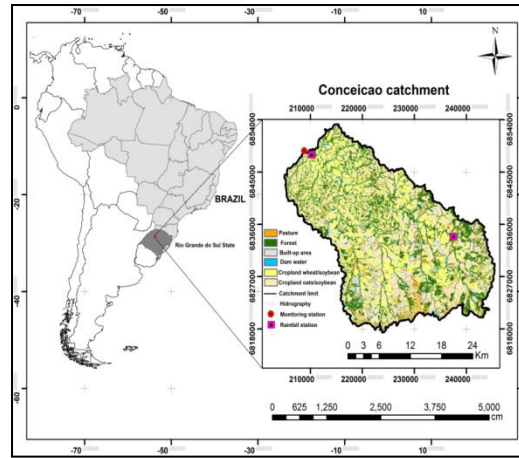
Macroparcelas	VT (m <sup>3</sup> )	% ES	PS (Kg)
M1	286,8	55	69
M2	306,9	62	126
M3	235,2	43	54
M4	207,1	42	21



# Bacia do rio Conceição (800 km<sup>2</sup>)

## O problema:

- Monocultura da soja
- Plantio direto
- Baixa adição de biomassa
- Sem terraços



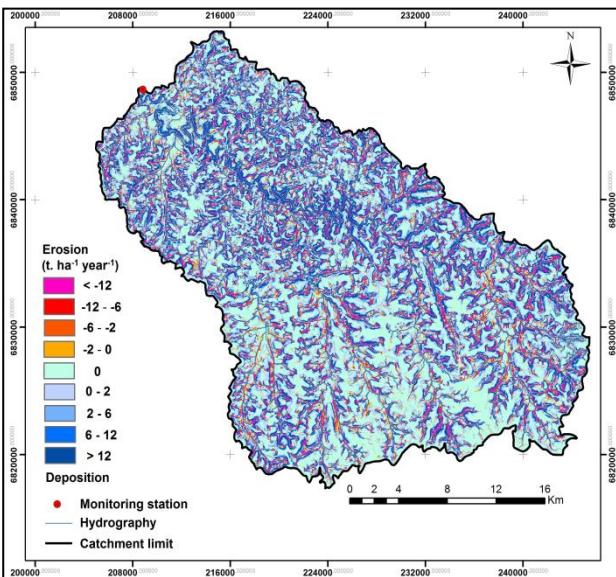
## A estratégia:

- Monitoramento hidrossedimentológico
- Modelagem da Prod Sed
- Traçagem
- Avaliação de cenários conservacionistas



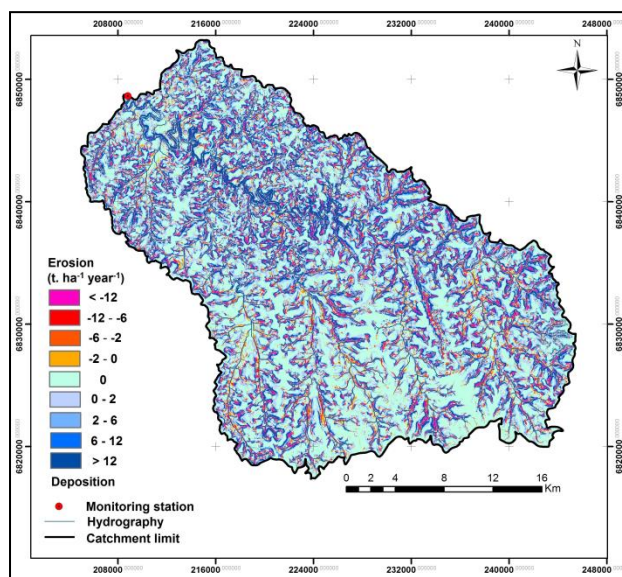


# Modelagem de cenários conservacionistas



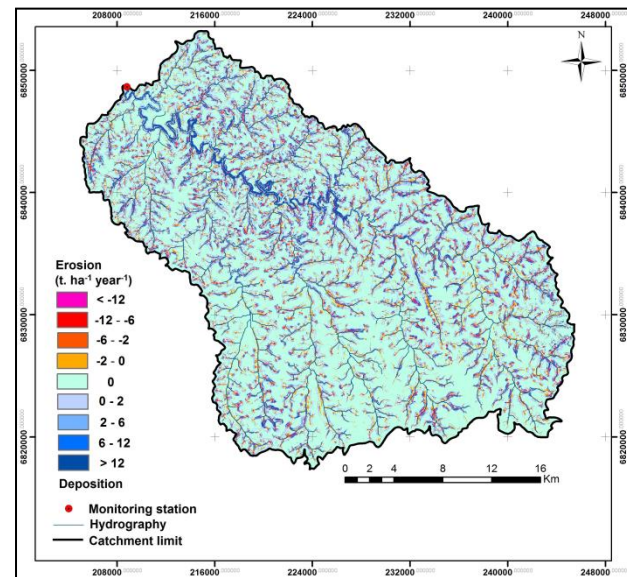
Atual

3,56 t. ha<sup>-1</sup> ano<sup>-1</sup>



+ Plantio em nível

2,98 t. ha<sup>-1</sup> ano<sup>-1</sup>



+ Controle do escoamento

0,82 t. ha<sup>-1</sup> ano<sup>-1</sup>

**Redução da erosão bruta**



**Table 10** Percentage change in the simulation of the low (LI), medium (MI), and high (HI) intervention scenarios compared to the simulation of the current condition

	LI			MI			HI		
	Qe	Qp	SY	Qe	Qp	SY	Qe	Qp	SY
1	-	13	5	-	10	4	-	-159	-112
2	-	16	7	-	13	6	-	-10	-20
3	-9	-6	37	-9	-7	37	-28	-34	-58
4	-	0	47	-	-2	47	-	-746	-159
5	-	-9	22	-	-10	22	-	-155	-90
6	-	10	-	-	9	-	-	-20	-
7	2	20	-15	2	18	-16	-16	-10	-41
8	-	4	37	-	2	37	-	-1206	-6267
Average	-3.5	6.0	20.0	-3.5	4.1	19.6	-22.5	-292.5	-963.9

*Qe* total surface runoff volume, *Qp* peak flow, *SY* sediment yield

Silva, et al., 2021

# Metodologia

1. Monitoramento hidrológico e dos processos associados (sedimentos, nutrientes, agrotóxicos) em rede de bacias.
2. Descrição da geração de escoamento superficial e processos associados durante os eventos extremos de precipitação.
3. Descrição dos processos de transferência, redistribuição e mobilização dos sedimentos erodidos das fontes para os rios.
4. Aprimorar os modelos matemáticos de erosão e produção de sedimentos para a escala de pequenas bacias.
5. Analisar e recomendar práticas de conservação de solo capazes de disciplinar o excesso de escoamento durante eventos extremos, evitando o aumento da produção de sedimentos e a degradação dos recursos hídricos.