

Solos em áreas úmidas: dinâmica natural e impactos do uso agrícola



Alfredo Borges De-Campos

Departamento de Geologia e Recursos Naturais (DGRN)

Instituto de Geociências – UNICAMP

Campinas, 05 de dezembro de 2019.

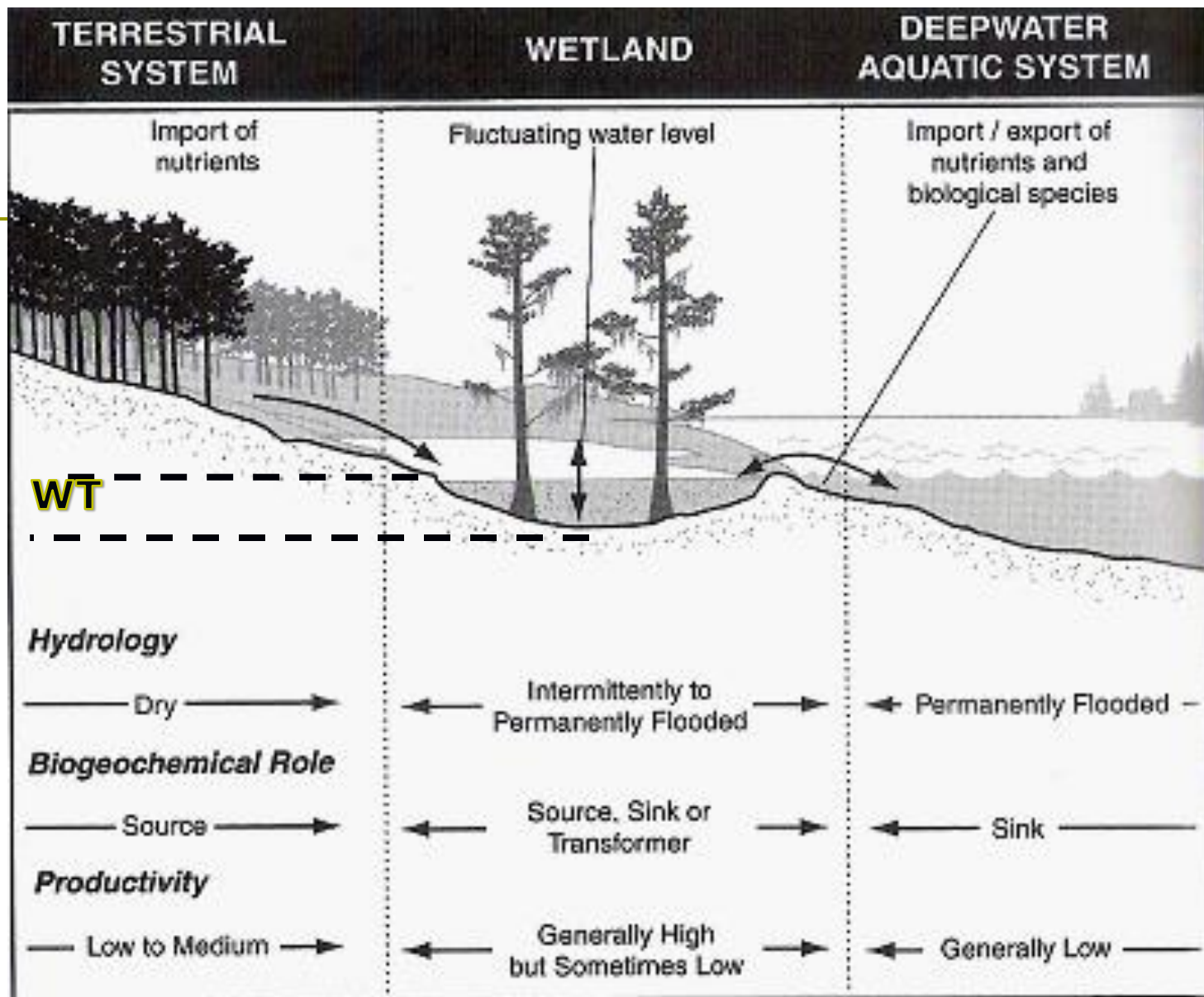
Sumário

1. **Introdução – Áreas úmidas**
2. **Primeiro Estudo - Efeitos da aplicação do herbicida glifosato nas propriedades geoquímicas e microbiológicas de solos em áreas úmidas**
3. **Segundo Estudo - Efeitos da irrigação por inundação nas propriedades físicas, geoquímicas, microbiológicas e mineralógicas de solos em áreas úmidas**

Introdução – Áreas úmidas

O que são áreas úmidas que alojam solos saturados?

- São áreas saturadas com água de forma permanente ou intermitente, onde transformações nas características físicas, químicas e biológicas do meio natural refletem a influência da saturação prolongada.
- Podem ser identificadas pela presença de vegetação hidrófila e de solos sujeitos a saturação prolongada (p.ex. Gleissolos, Planossolos, Plintossolos).



Ambiente e dinâmica das áreas úmidas (Mitsch e Gosselink, 2000)

Table 1.3 Net primary production of wetlands compared with other ecosystems

	Net primary production (g C m ⁻² year ⁻¹)			
	Polar	Boreal	Temperate	Tropical
Wetlands				
Bogs ^a	100–300	300–700	400–800	600–1200
Fens ^a	100–300	400–700	400–1200	
Swamps ^a		500–1000	700–1500	1500–3000
Marshes ^a			800–2000	1500–4000
Floodplains ^a			800–1800	1500–2500
Shallow lakes ^a			400–600	500–800
Wetland rice ^b			850	1050
Others				
Forest ^c		430	650	620 (dry), 800 (humid)
Grassland ^c			320	450
Arable ^d			750	600
Desert ^c			<100	<100

Source:

^a Aselmann and Crutzen (1989).

^b Irrigated rice, assuming temperate mean grain yield = 8 t ha⁻¹, tropical mean grain yield = 5 t ha⁻¹ × 2 crops year⁻¹, harvest index = 0.5, root mass/above-ground mass = 0.2, mass of C/plant mass = 0.44.

^c Houghton and Skole (1993).

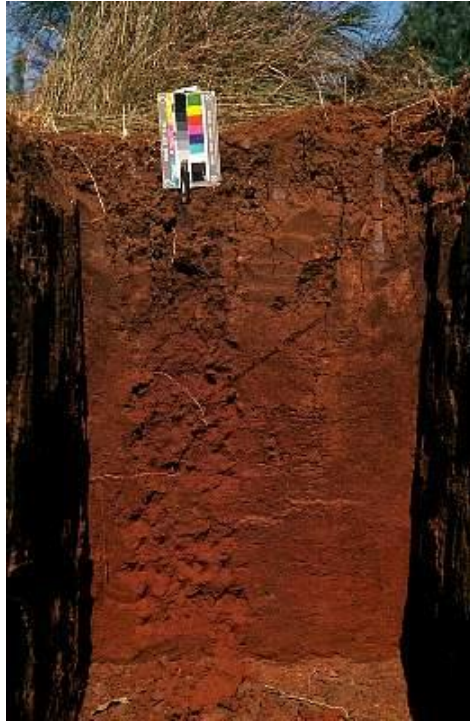
^d Based on data of Evans (1993) for wheat and maize yields and harvest indices.



Áreas úmidas tem alta produtividade ecológica, grande biodiversidade e alto valor ambiental (14.785 US\$ por ha⁻¹ ano⁻¹ contra 8.498 US\$ ha⁻¹ ano⁻¹ para florestas - Mitsch e Gosselink, 2000)

O que pode ocorrer quando um solo é inundado ou saturado?

Saturação Prolongada



Solo em área
seca-aerada
(Latosolo)

Altera a cor do solo e acumula matéria orgânica

Dissolve e remobiliza compostos orgânicos e inorgânicos

Forma novas fases minerais e compostos orgânicos e inorgânicos

Acumula sais – Ca, Mg
ou provoca transporte destes

Altera a biota – organismos anaeróbicos predominam

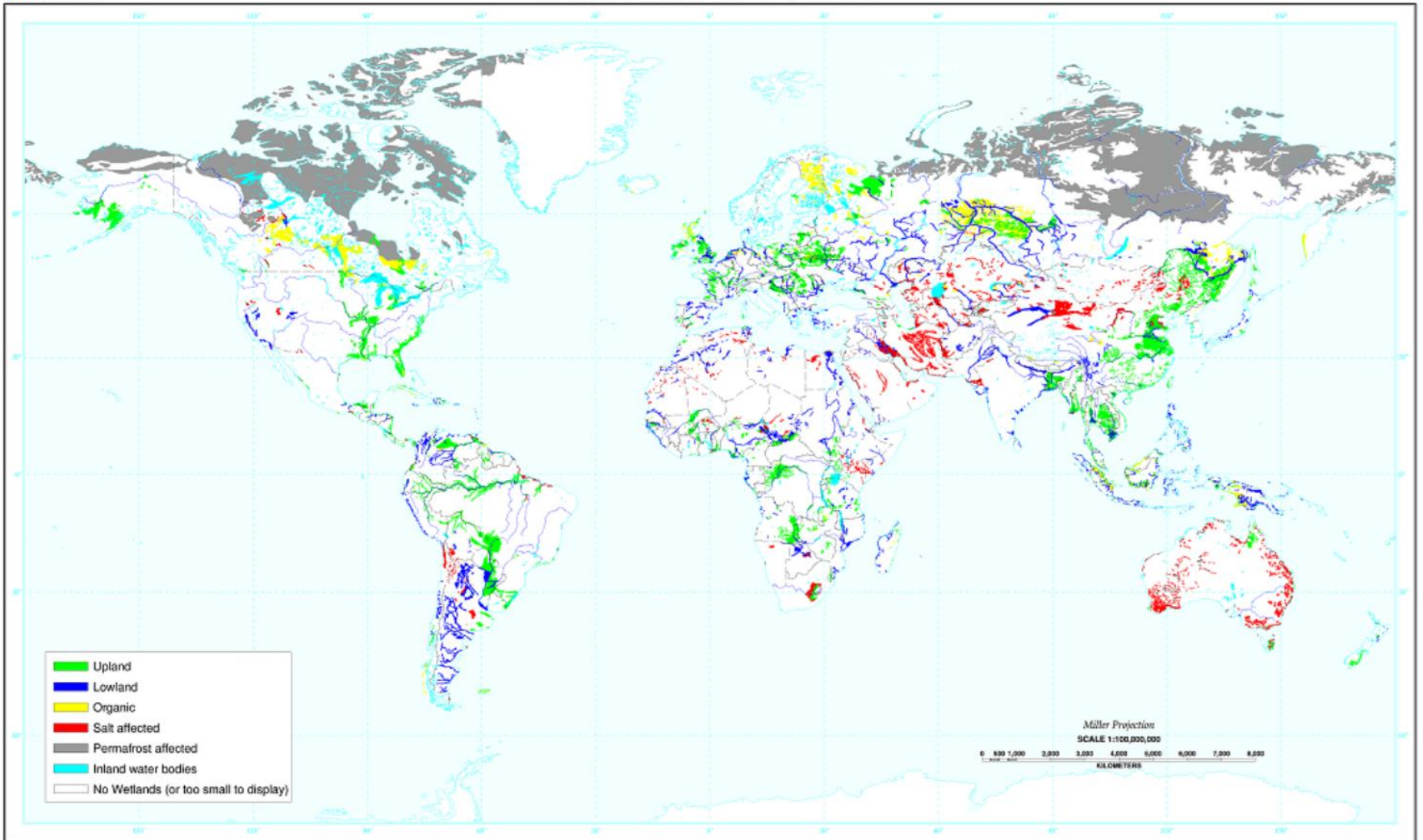
Altera a estrutura do solo favorecendo a desagregação, e diminuição da infiltração

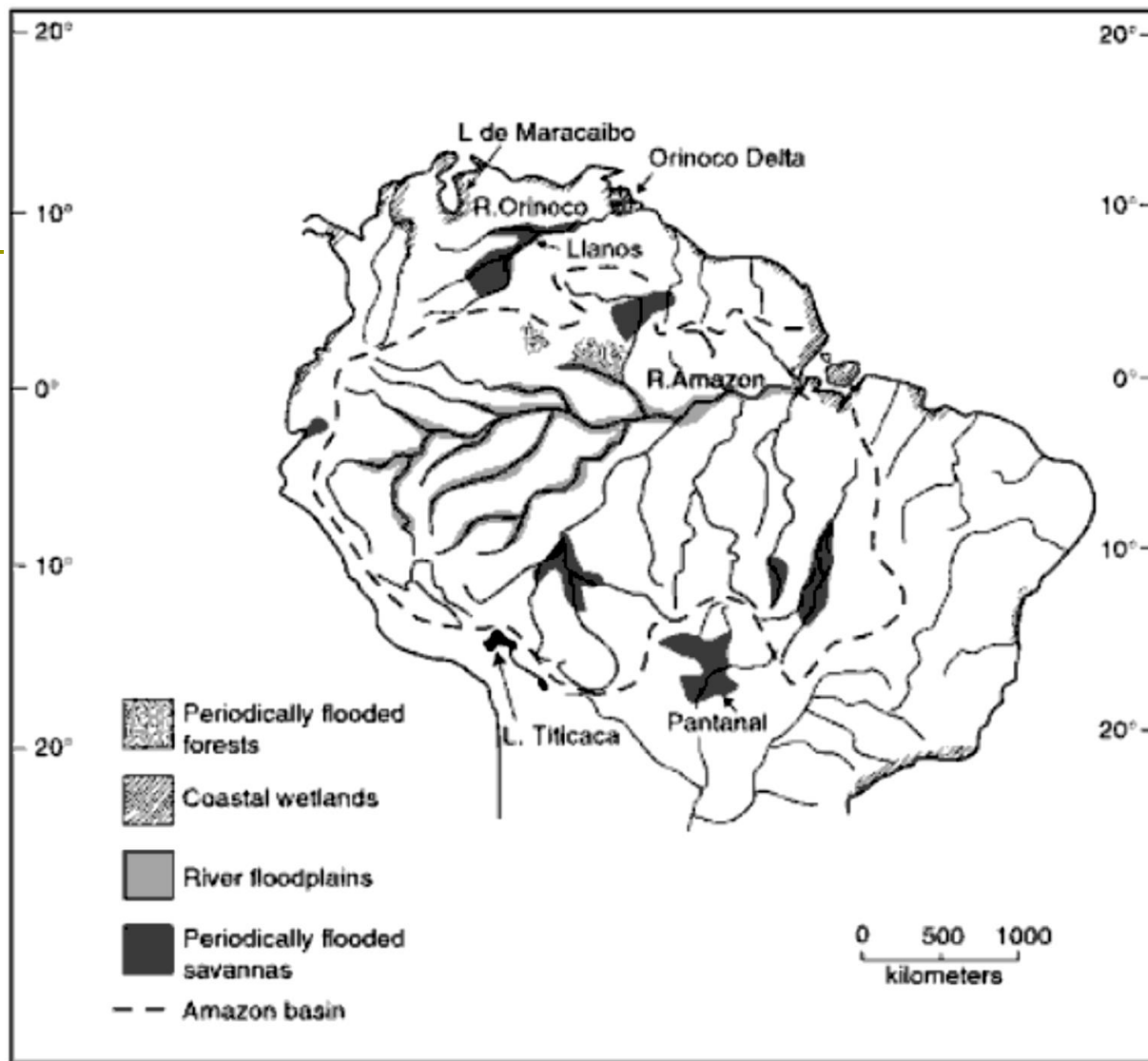


Solo em área
úmida
(Gleissolo)

DISTRIBUIÇÃO E TIPOS DE ÁREAS ÚMIDAS

Distribution of Wetlands





Grandes áreas úmidas da América do Sul (Mitsch e Gosselink, 2007).

ÁREAS ÚMIDAS NO CERRADO



Há vários tipos de áreas úmidas no Cerrado, tais como várzeas, lagos, veredas e campos.

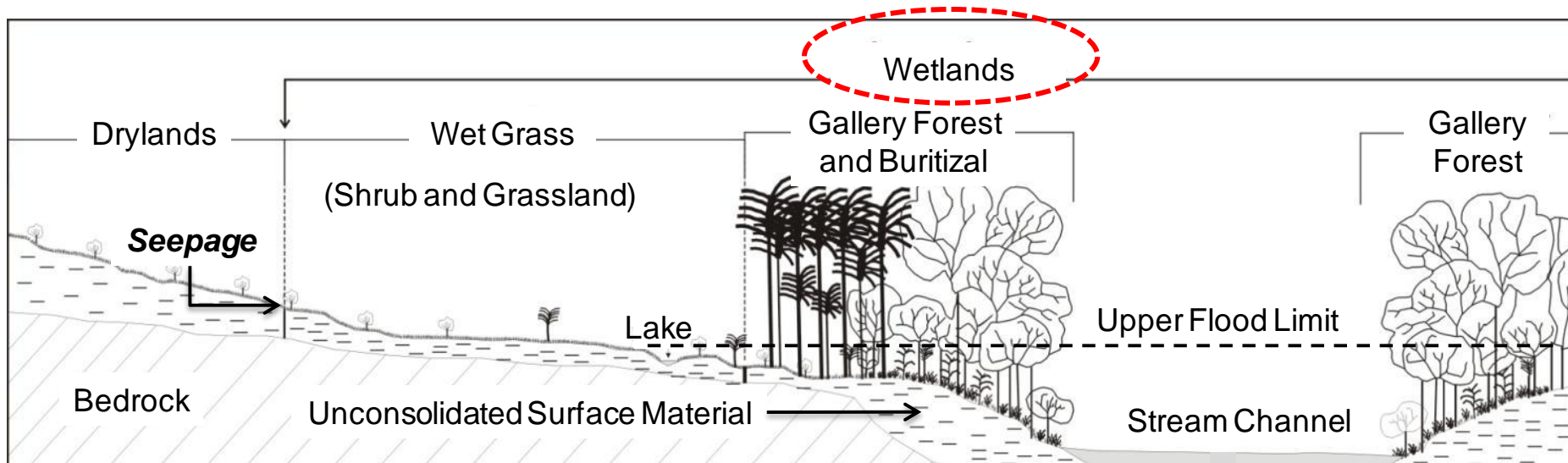
Campo limpo úmido e
buritizal em vereda



Savana aberta periodicamente
inundada e lagoas rasas



Vários tipos de solos são encontrados nas áreas úmidas do Cerrado tais como Gleissolos, Planossolos, Plintossolos

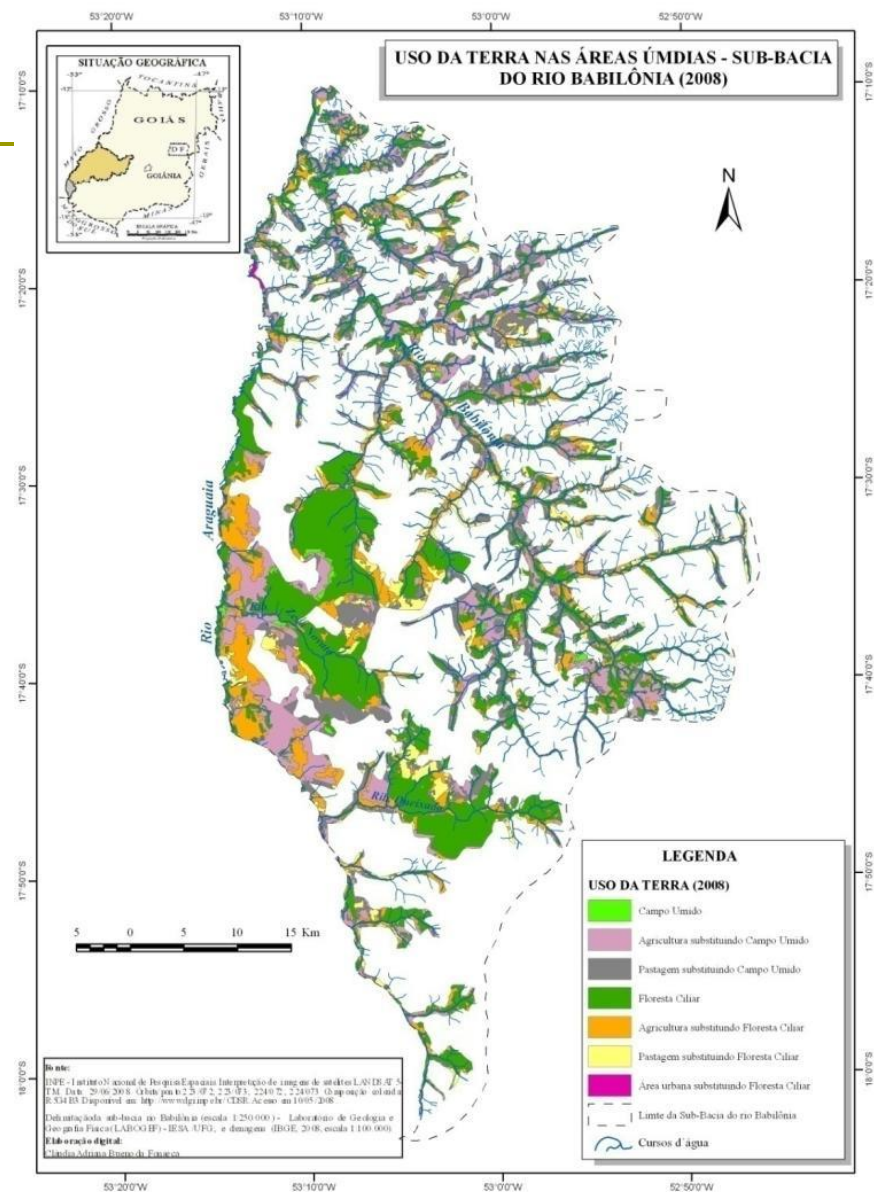
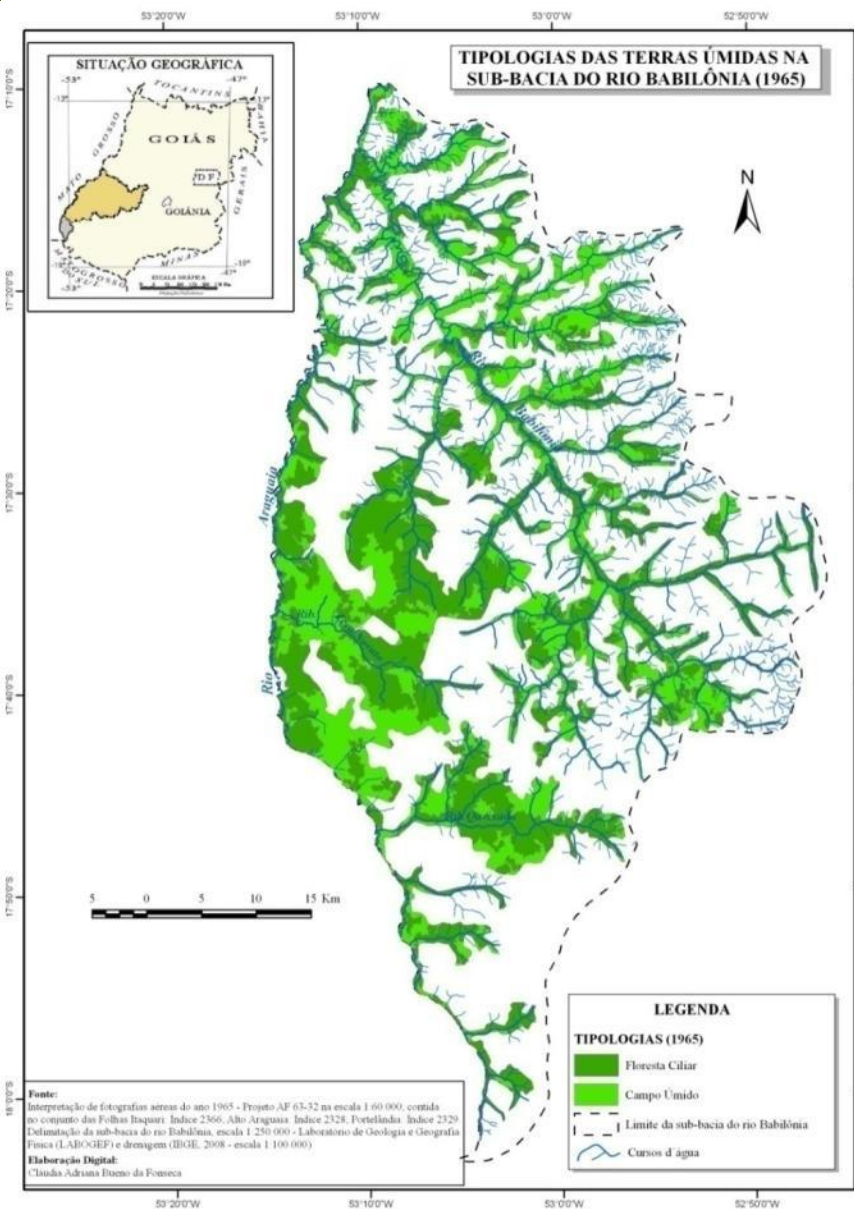


Transecto típico entre terras altas e zonas úmidas no Cerrado
(modificado de Ribeiro e Walter, 1998)

Problemas ambientais associados ao uso agrícola das áreas úmidas do Cerrado



Bacia hidrográfica do Rio Babilônia



USO DA TERRA	Porcentagem do fragmento (1965)	Porcentagem do fragmento (1975)	Porcentagem do fragmento (2008)
Floresta Ciliar	50,68%	50,23%	41,99%
Campo Úmido	49,32%	15,50%	1,35%
Agricultura	-----	21,99%	38,19%
Pastagem	-----	12,26%	18,39%
Áreas Urbanas	-----	0,02%	0,08%

As áreas úmidas na Bacia do Rio Babilônia **diminuíram 57%** em 40 anos!

Primeiro Estudo

Efeitos da aplicação do herbicida glifosato nas propriedades geoquímicas e microbiológicas de solos em áreas úmidas

- Glifosato
 - Uso - amplo (Galli & Montesuma, 2005)
 - Impactos
 - Tóxico aos humanos
 - Perigoso ao ambiente
 - Comportamento diferenciado no ambiente
 - Glifosato em solos úmidos (?)



Materiais e Métodos

Área de Estudo e Experimento de Incubação



- Vereda preservada com Gleissolo e área com Plintossolo sob cultivo de arroz irrigado.
- Amostras de solos foram coletadas (0-20 cm prof.), secas ao ar e peneiradas (<2mm).
- Experimento de incubação anóxica por 60 dias.



Geoquímica - Fração Sólida

Tabela A-19 Teste F da análise de variância para efeito do tempo de saturação do solo, doses de glifosato e interação tempo x dose em solo de vereda.

Fonte de variação	Eh	pH solução do solo	pH TFSA	Mn	P	H+Al	CTC	teste F							
								Cu	Zn	Fe	MO	Ca	Mg	K	Al
tempo	127,78**	3136,76**	36,68**	409,06**	2,81*	18,25**	10,19**	15,43**	11,87**	31,21**	1,71 ns	1,57 ns	1,42 ns	0,93 ns	4,04**
doses	9,37**	280,22**	40,65**	301,42**	3,12* 1,38	1,78 ns	0,79 ns	1,26 ns	2,22 ns	2,64 ns	0,70 ns	1,14 ns	0,96 ns	0,90 ns	4,43**
tempo x doses	2,35*	17,98**	4,5**	146,73**	ns	2,77**	3,23**	2,58*	2,65*	0,79 ns	1,10 ns	1,34 ns	1,23 ns	0,97 ns	0,85 ns
CV%	9,62	0,69	1,89	9,52	86,38	7,7	9,05	15,42	30,78	31,89	10,63	100,24	141,81	247,68	13,1

Tratamentos: tempos de saturação x doses de glifosato

Doses de glifosato: Dose 0 (sem glifosato); Dose 1 (0,16 mg.L-1); Dose 2 (1,6 mg.L-1); Dose 3 (160 mg.L-1)

Tempos de saturação do solo (dias): 1; 7; 15; 30 e 60.

Matéria orgânica dissolvida (MOD)

TFSA = terra fina seca ao ar

Tabela A-1 Teste F da análise de variância para efeito do tempo de saturação do solo, doses de glifosato e interação tempo x dose para solo de várzea de cultivo de arroz irrigado. Teste F $\alpha = 0,01^{**}$ e $\alpha = 0,05^{*}$, ns = não significativo.

Fonte de variação	Fe	Eh	P	pH TFSA	H+Al	Cu	MO	K	CTC	Zn	Mn	Al	Ca	Mg
tempo	1863,97**	776,65**	69,11**	488,49**	120,88**	54,3**	11,17**	23,46**	11,62**	14,06**	31,08**	224,46**	0,47 ns	2,02 ns
doses	7,37**	3,36*	4,3*	9,69**	3,34*	4,82**	0,38 ns	0,87 ns	0,68 ns	2,7 ns	0,34 ns	0,95 ns	0,48 ns	0,47 ns
tempo x doses	2,34*	2,06*	1,17 ns	1,86 ns	1,37 ns	0,69 ns	0,54 ns	1,88 ns	1,32 ns	0,44 ns	0,75 ns	1,76 ns	0,72 ns	1,14 ns
CV%	5	7,63	4,46	0,72	4,54	14,71	17,2	16,31	11,25	23,88	6,62	13,21	8,37	6,52

Tratamentos: tempos de saturação x doses de glifosato

Doses de glifosato: Dose 0 (sem glifosato); Dose 1 (0,16 mg.L-1); Dose 2 (1,6 mg.L-1); Dose 3 (160 mg.L-1)

Tempos de saturação do solo (dias): 1; 7; 15; 30 e 60.

TFSA = terra fina seca ao ar

Geoquímica - Fração Líquida

Solo de Vereda

Tabela B-19 Teste F da análise de variância para efeito do tempo de saturação do solo, doses de glifosato e interação tempo x dose para solução do solo de vereda. Teste F $\alpha = 0,01^{**}$ e $\alpha = 0,05^{*}$, ns = não significativo.

Fonte de variação	Fe	Eh	pH	K	Ca	Mg	Al	MOD E ₄ /E ₆
	Teste F							
tempo	31,51 ^{**}	127,78 ^{**}	3136,76 ^{**}	14,20 ^{**}	20,90 ^{**}	31,65 ^{**}	58,91 ^{**}	7,18 ^{**}
doses	9,46 ^{**}	9,37 ^{**}	280,22 ^{**}	0,20 ns	30,03 ^{**}	9,49 ^{**}	86,17 ^{**}	5,00 ^{**}
tempo x doses	5,14 ^{**}	2,35 [*]	17,98 ^{**}	1,51 ns	5,05 ^{**}	5,17 ^{**}	53,17 ^{**}	1,69 ns
CV%	22,25	9,62	0,69	21,22	23,28	22,2	75,46	42,23

Tratamentos: tempos de saturação x doses de glifosato

Doses de glifosato: Dose 0 (sem glifosato) ; Dose 1 (0,16 mg.L⁻¹); Dose 2 (1,6 mg.L⁻¹); Dose 3 (160 mg.L⁻¹)

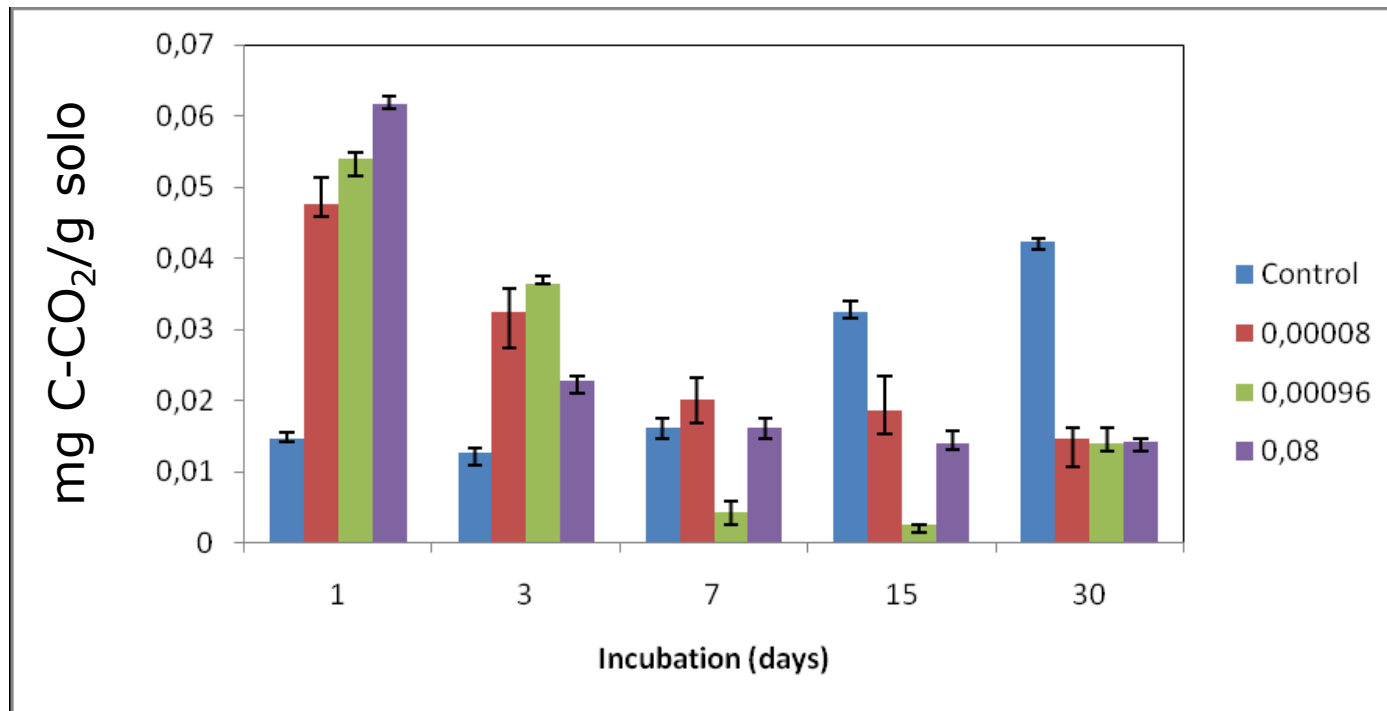
Tempos de saturação do solo (dias): 1; 7; 15; 30 e 60.

Matéria orgânica dissolvida (MOD)

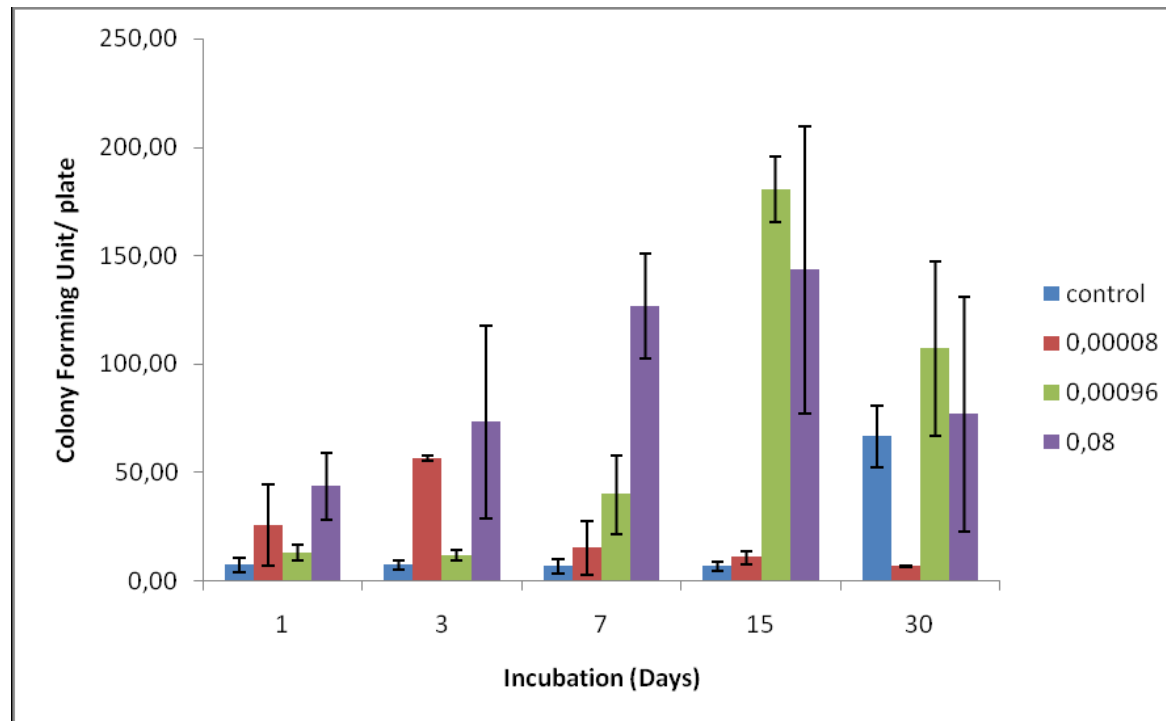
Tabela B-1 Teste F da análise de variância para efeito do tempo de saturação do solo, doses de glifosato e interação tempo x dose para solução do solo de várzea de cultivo de arroz irrigado. Teste F $\alpha = 0,01^{**}$ e $\alpha = 0,05^{*}$, ns = não significativo.

Fonte de variação	Fe	Eh	pH	K	Ca	Mg	Cu	Mn	Al	MOD E ₄ /E ₆
	Teste F									
tempo	51,27 ^{**}	776,65 ^{**}	4540,97 ^{**}	4,14 ^{**}	73,47 ^{**}	70,97 ^{**}	13,08 ^{**}	1033,07 ^{**}	24,19 ^{**}	17,30 ^{**}
doses	3,03 [*]	3,36 [*]	21,79 ^{**}	1,17 ns	2,8 ns	0,51 ns	5,55 ^{**}	4,20 [*]	0,90 ns	1,91 ns
tempo x doses	2,03 [*]	2,06 [*]	6,12 ^{**}	1,21 ns	3,51 ^{**}	2,7 ^{**}	1,95 ns	6,46 ^{**}	0,81 ns	0,78 ns
CV%	44,019	7,69	0,76	5,19	13,17	2,28	39,44	10,95	18,67	26,97

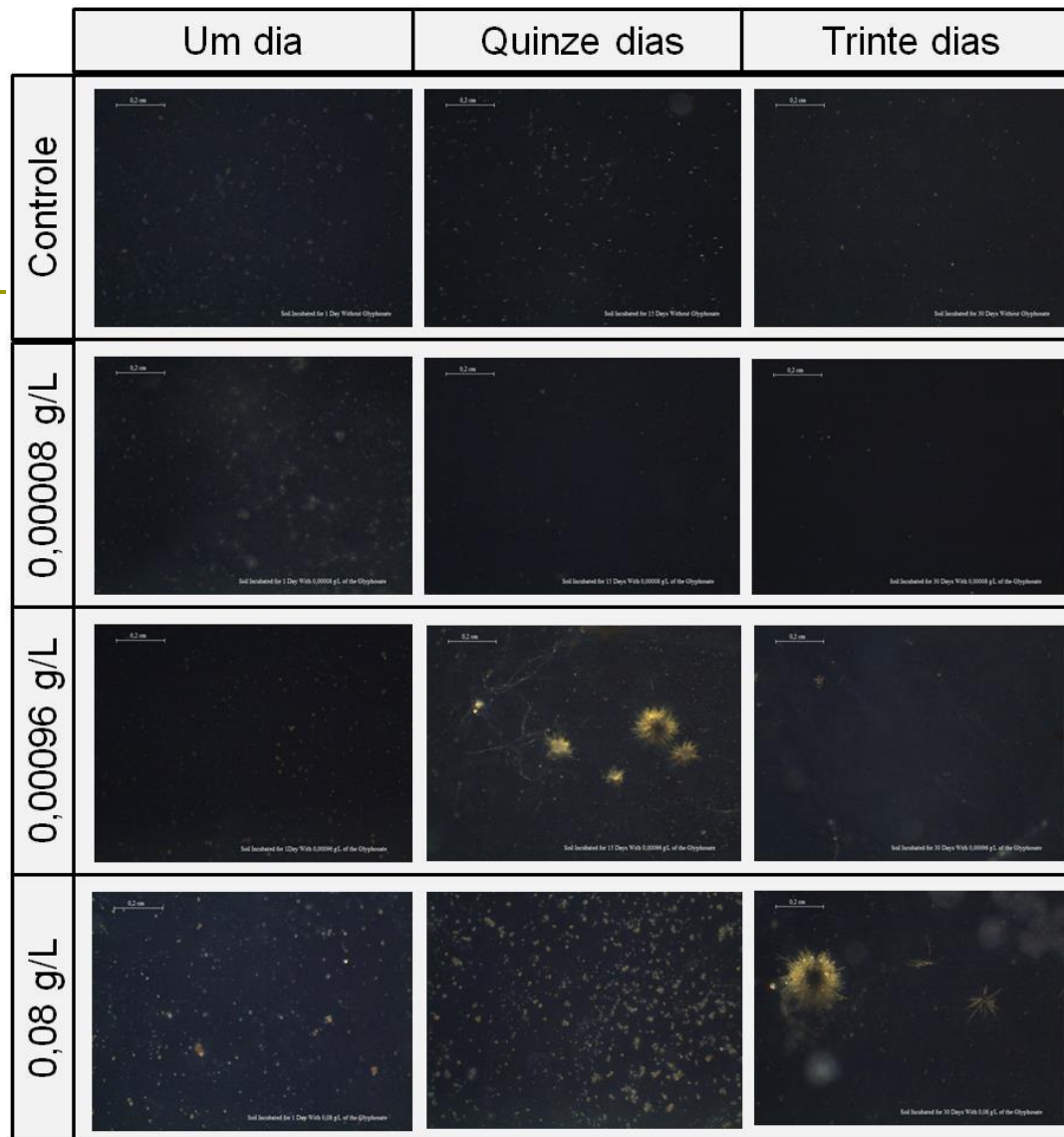
Microbiologia



- ✓ A produção de CO₂ foi alta para as amostras tratadas com glifosato nos primeiros dias de incubação e diminuiu como tempo de incubação.
- ✓ Aparentemente as colônias respondem mais rapidamente a aplicação de glifosato pois este serve como substrato para determinados micro-organismos.



- ✓ As dosagens 0,00096 g/L e 0,08 g/L promoveram o crescimento de colônias de micro-organismos até 15 dias.
- ✓ Aparentemente as colônias respondem mais rapidamente a aplicação de glifosato pois este serve como substrato para determinados micro-organismos.



Fotografias de meio enriquecido com ágar e glifosato ou solução do solo. A figura apresenta uma tendência de maior desenvolvimento microbiano na concentração mais elevada de glifosato. Nota-se o aparecimento de estruturas muito bem definidas a partir de quinze dias na dosagem 0,00096 g/L com desaparecimento em trinta dias, e em trinta dias de incubação na maior dosagem.

Conclusões – Primeiro Estudo

- ❑ Glifosato afeta a geoquímica e microbiologia dos solos em áreas úmidas
- ❑ Solo de Várzea - maior efeito das doses 2 e 3
- ❑ Solo de Vereda - maior efeito da dose 3
- ❑ Efeitos da aplicação do glifosato na geoquímica dos solos alagados depende das propriedades químicas, físicas e biológicas destes solos e dos seus históricos de uso e manejo.
- ❑ Os resultados indicam que a microbiota sofre adaptação em ambiente anaeróbico e cria condições de especialização para todos os tratamentos com a presença de glifosato.
- ❑ Os resultados mostram que as concentrações mais elevadas de glifosato foram mais eficientes na seleção da microbiota do solo.

Segundo Estudo

Efeitos da irrigação por inundação nas propriedades físicas, geoquímicas, microbiológicas e mineralógicas de solos em áreas úmidas

Irrigação por inundação tem sido utilizada para produção agrícola nas áreas úmidas do Cerrado com Plintossolos



Luiz Alves, G.O.

Área de Estudo

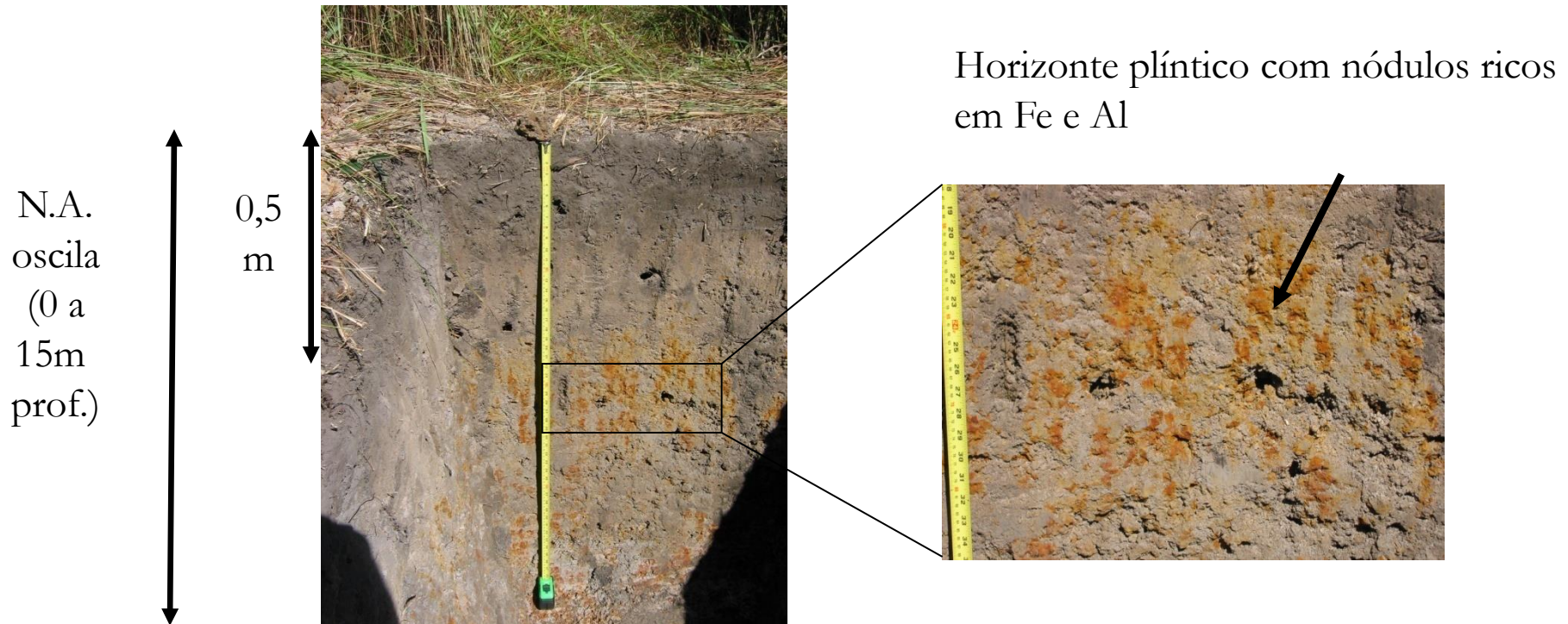


Coordenadas da área do projeto de irrigação :
-13.207475, -50.535241



- ✓ Geologia é dominada por sedimentos aluviais (areia fina e argilas) de idade Quaternária (DNPM, 1975)

- Plintossolos são saturados sazonalmente em ambiente natural.



- Plintossolos sob irrigação ficam permanentemente saturados.

Pr

20 anos

30 anos

0,5
m



Horizontes
A, AB,
BA, Bt

Horizonte
Plíntico
(Bf)



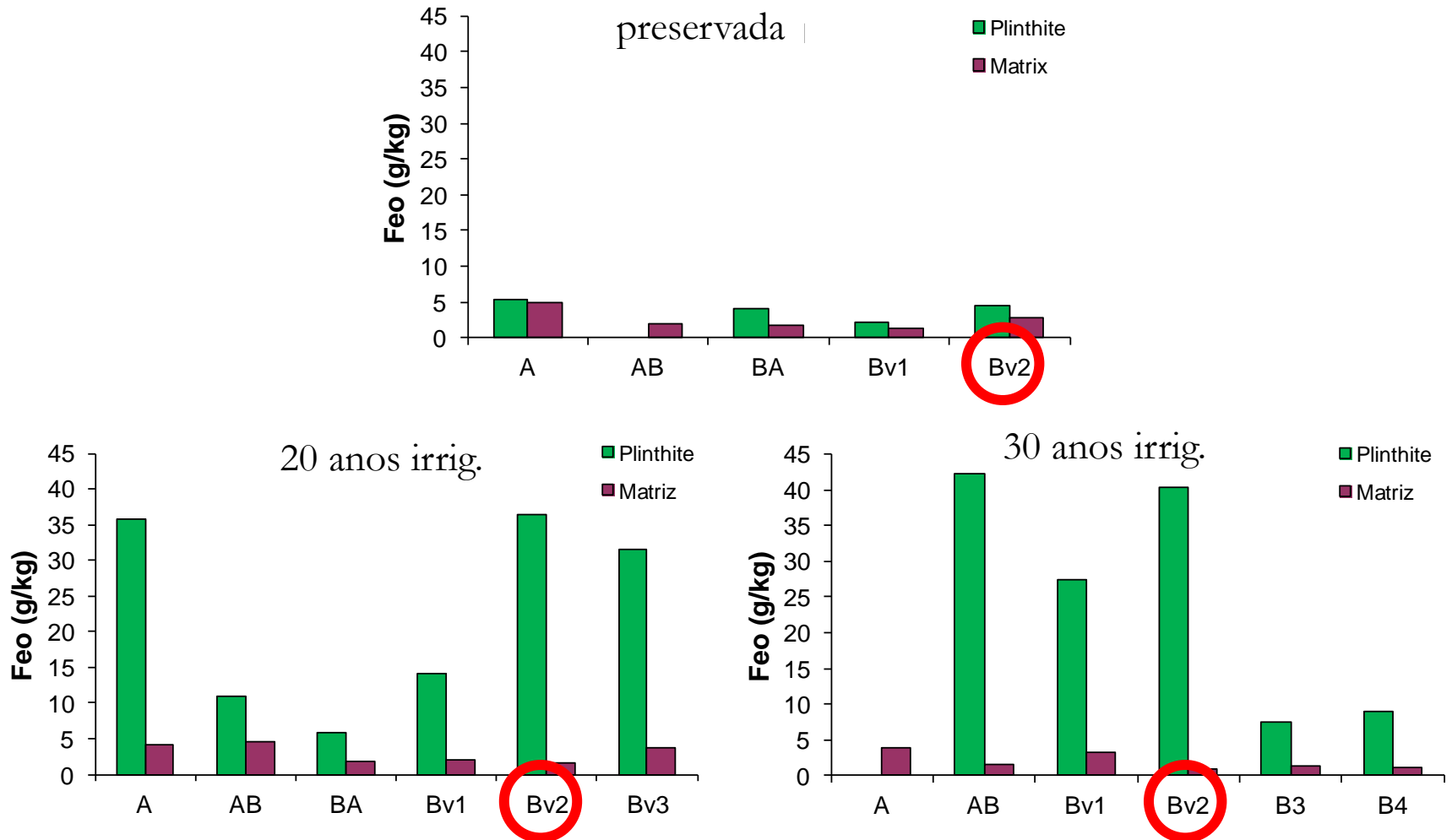
Materiais e Métodos

- 3 trincheiras foram abertas em área úmida preservada e sob cultivo irrigado;
- Os perfis de solo foram descritos e o horizonte plúntico (Bf) foi identificado;
- Amostras deformadas e indeformadas foram coletadas em cada horizonte para análises químicas, mineralógicas e micromorfológicas.



Geoquímica do Fe lábil (amorfo)

Fração Sólida



Geoquímica do Al

Fração Sólida

Horizontes	Alo:Ald P	Alo:Ald M
Pr		
Bf2	0.52	0.26
20 anos		
Bf2	1.07	0.31
30 anos		
Bf2	1.05	0.28


✓ Razões Alo:Ald altas nas plintitas (P) sob inundação indica minerais de baixa cristalinidade nos nódulos de plintita (saproilitização - Beauvais e Tardy, 1993).

Geoquímica do Fe e Al

Fração Sólida

Tr.	Horiz.	Substituição de Fe por Al*		
		Matriz cmolcAl mol ⁻¹	Plintita cmolcAl mol ⁻¹	
Pr	Bf2	98.01	63.33	Goethita aluminosa
20	Bf2	92.97	0.77	Goethita
30	Bf2	95.19	2.58	

*Guillet and Jeanroy (1985)

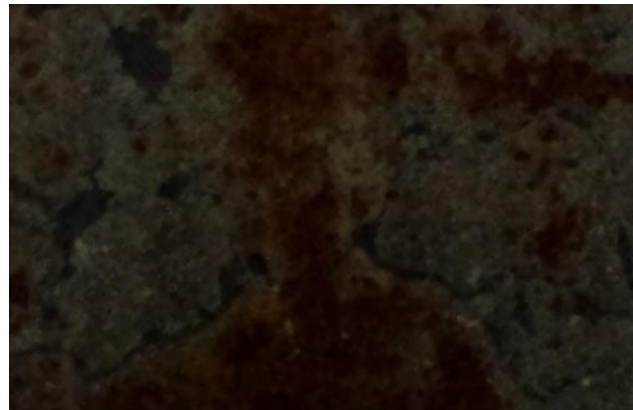
>15 cmolcAl mol⁻¹  condições ácidas e oxidantes com alta conc. de Al.

<15 cmolcAl mol⁻¹  condições menos ácidas e redutoras com baixa conc. Al.

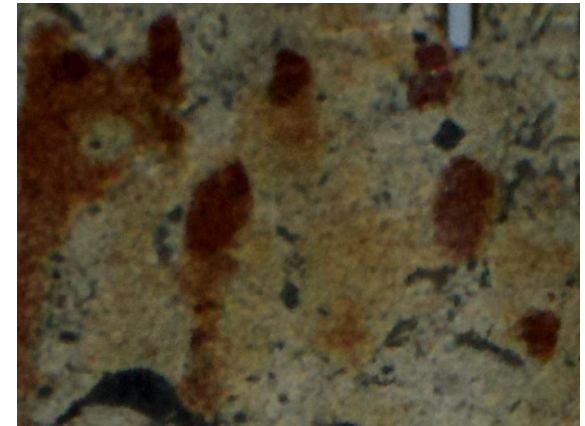
Micromorfologia (lâmina delgada)



Preservada



20 anos



30 anos

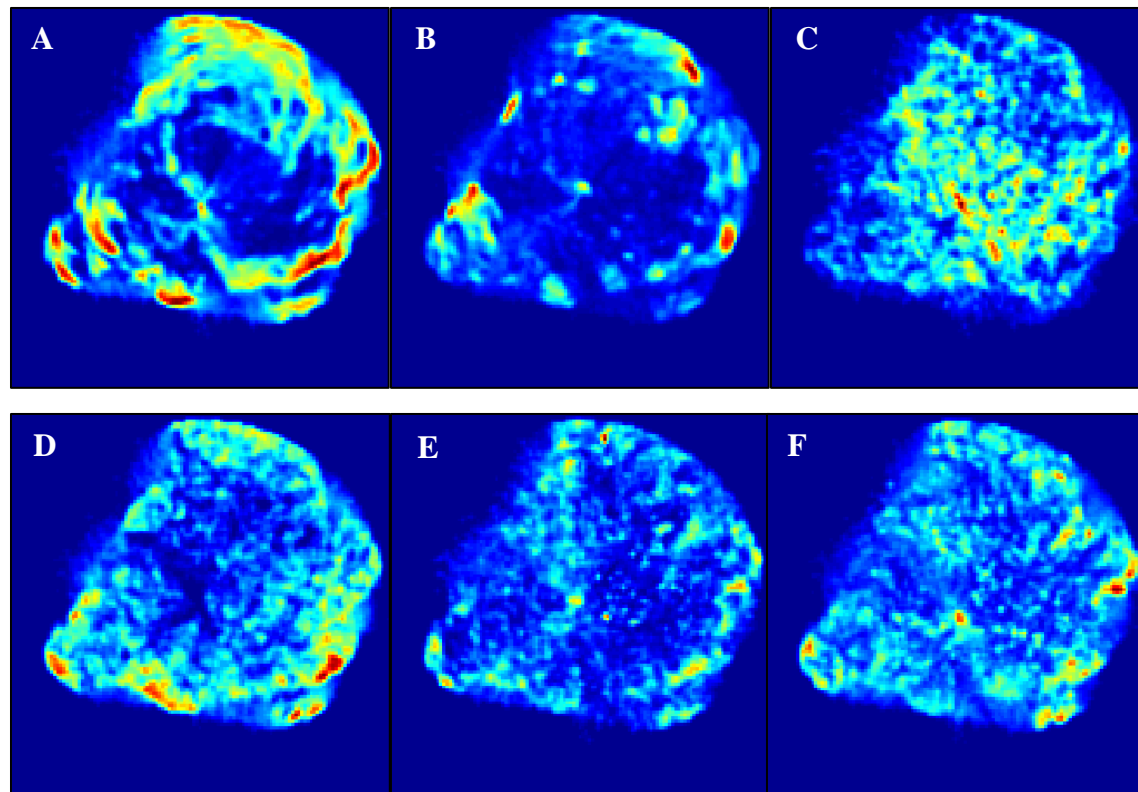


- Aumento da degradação dos nódulos de plintita contendo minerais bem cristalizados e aumento da gleização da matriz-S.
- Aumento de plintitas contendo “pool ativo” de minerais de Fe e Al de baixa cristalinidade.

Rosolen e De-Campos (em elaboração)

Difração de raios X (radiação síncrotron)

Nódulos de plintita



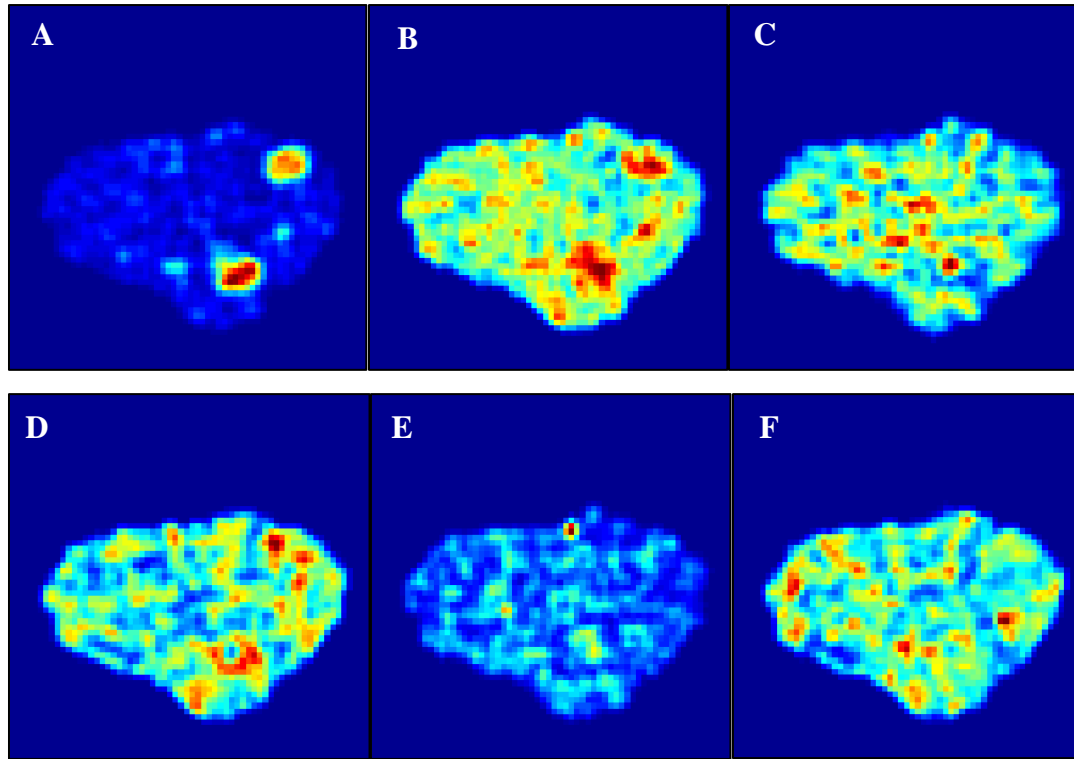
Preservada

Phase distribution (normalised) obtained through Rietveld refinement for phases identified in Sample 28: **A: Hematite Fe_2O_3** , **B: Goethite $FeOOH$** , C: Quartz SiO_2 , D: Kaolinite, E: Anatase TiO_2 and F: Narcite. (European Synchrotron, Grenoble, Fr)

De-Campos et al. (em elaboração)

Difração de raios X (radiação síncrotron)

Nódulos de plintita

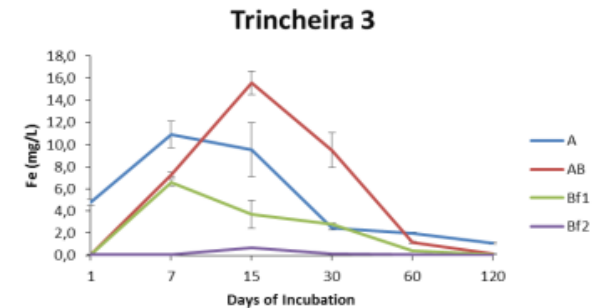
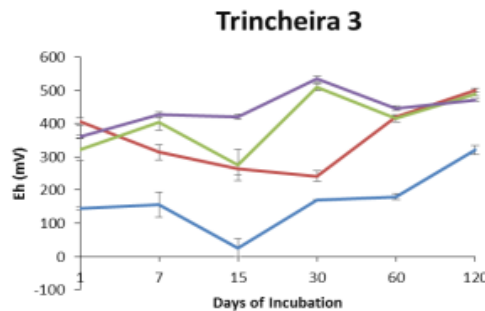
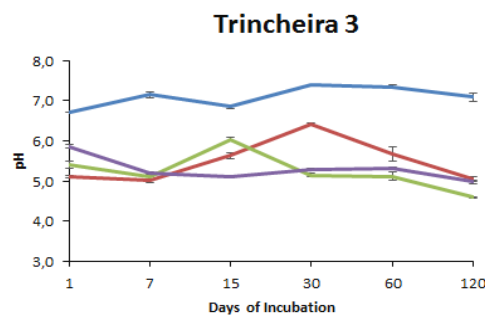
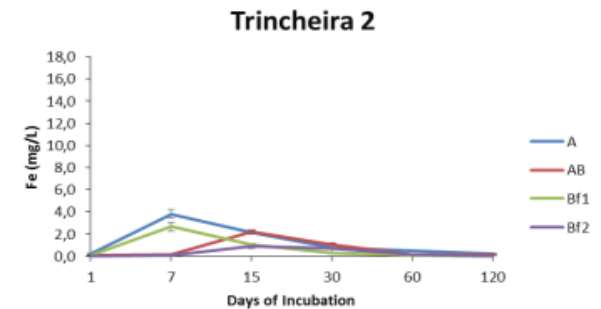
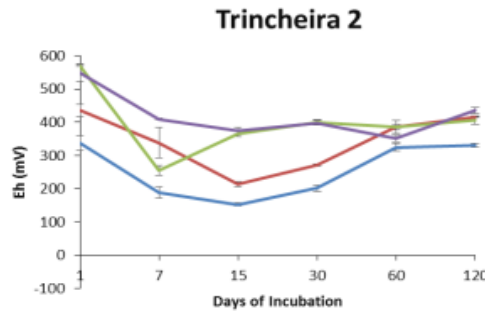
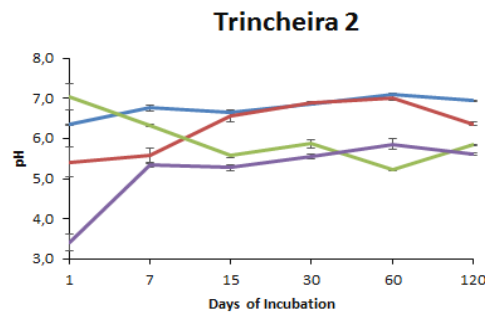
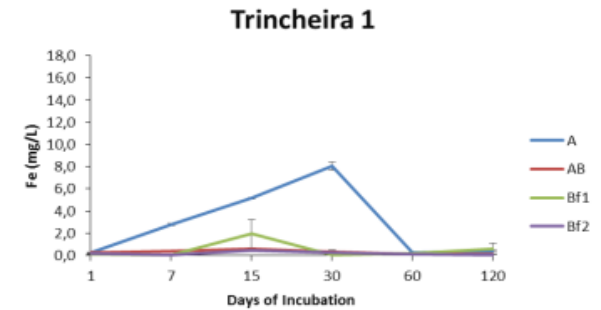
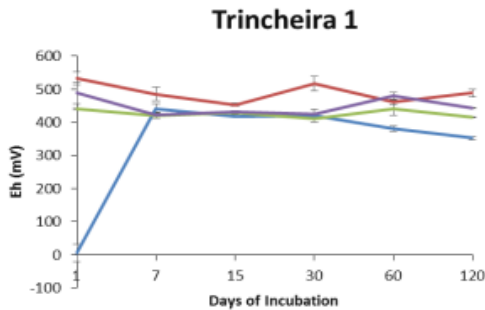
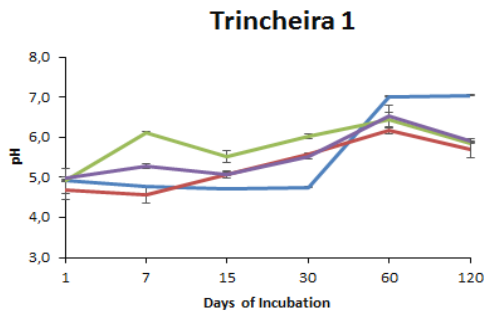


30 anos

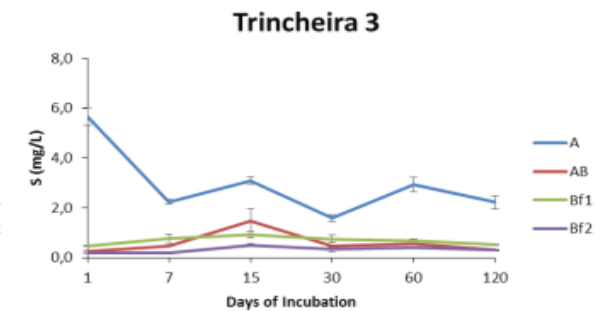
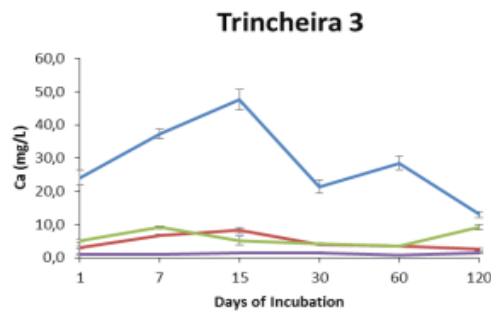
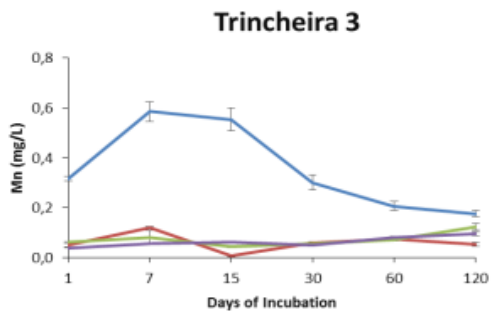
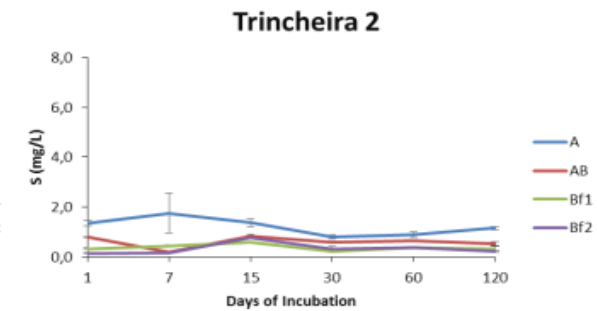
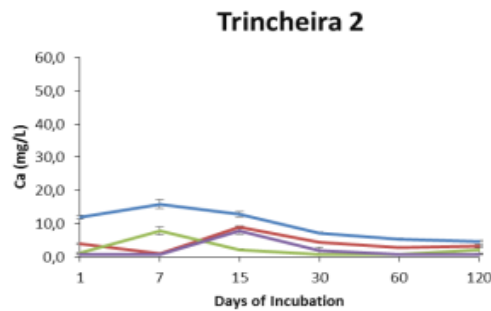
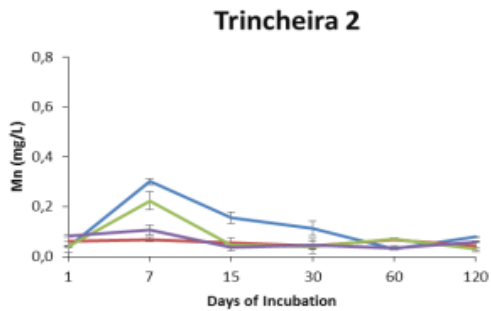
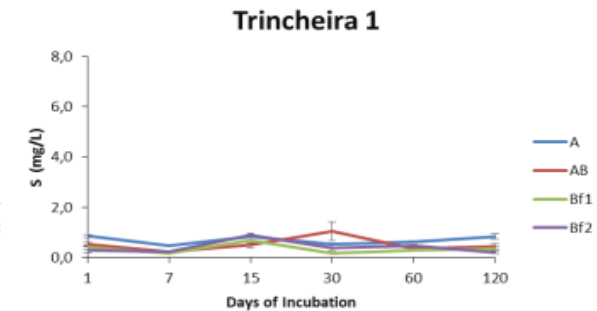
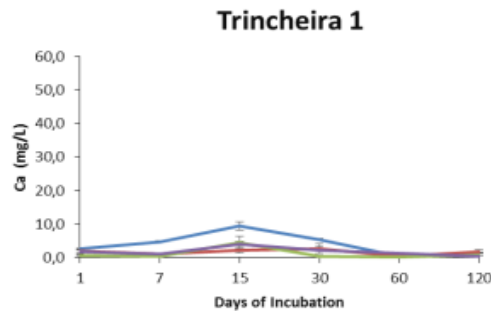
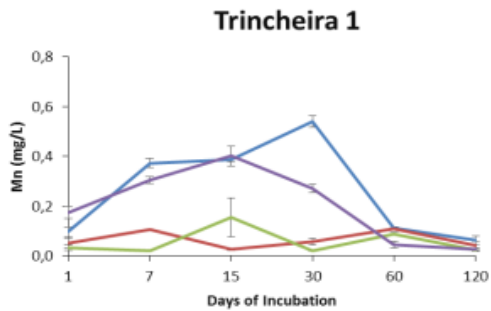
Phase distribution (normalised) obtained through Rietveld refinement for phases identified in Sample 33: **A: Hematite Fe₂O₃**, **B: Goethite FeOOH**, C: Quartz SiO₂, D: Kaolinite, E: Anatase TiO₂ and F: Narcite. (European Synchrotron, Grenoble, Fr)

De-Campos et al. (em elaboração)

Geoquímica da Fração Líquida (experimentos de incubação anóxica)

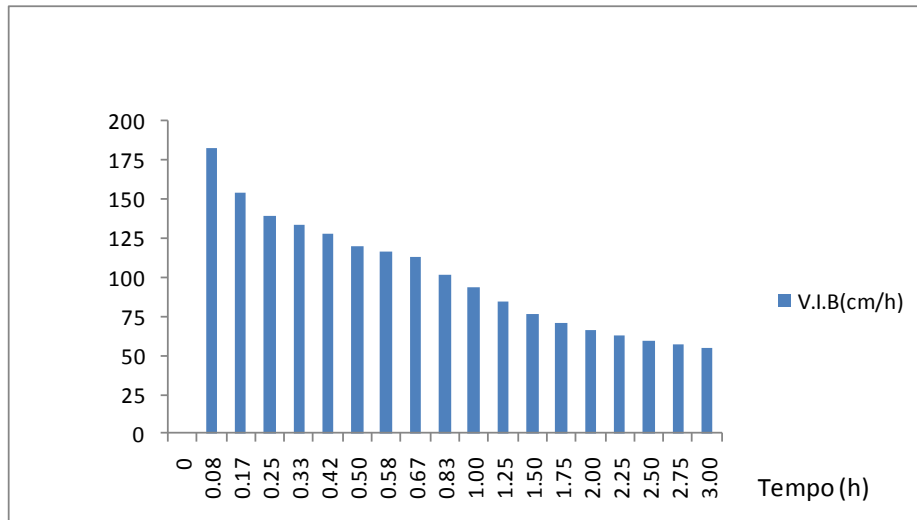


Geoquímica da Fração Líquida (experimentos de incubação anóxica)

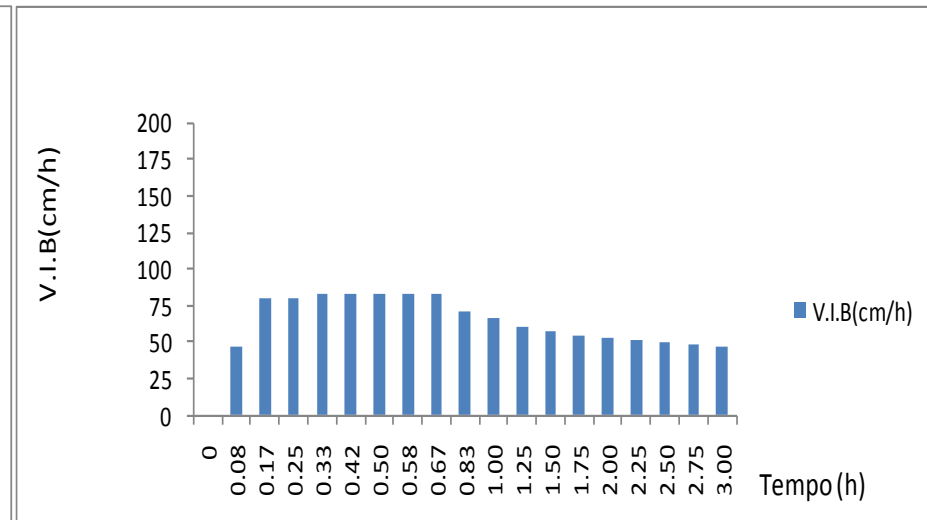


Física

(ensaio de infiltração em campo)



Área preservada

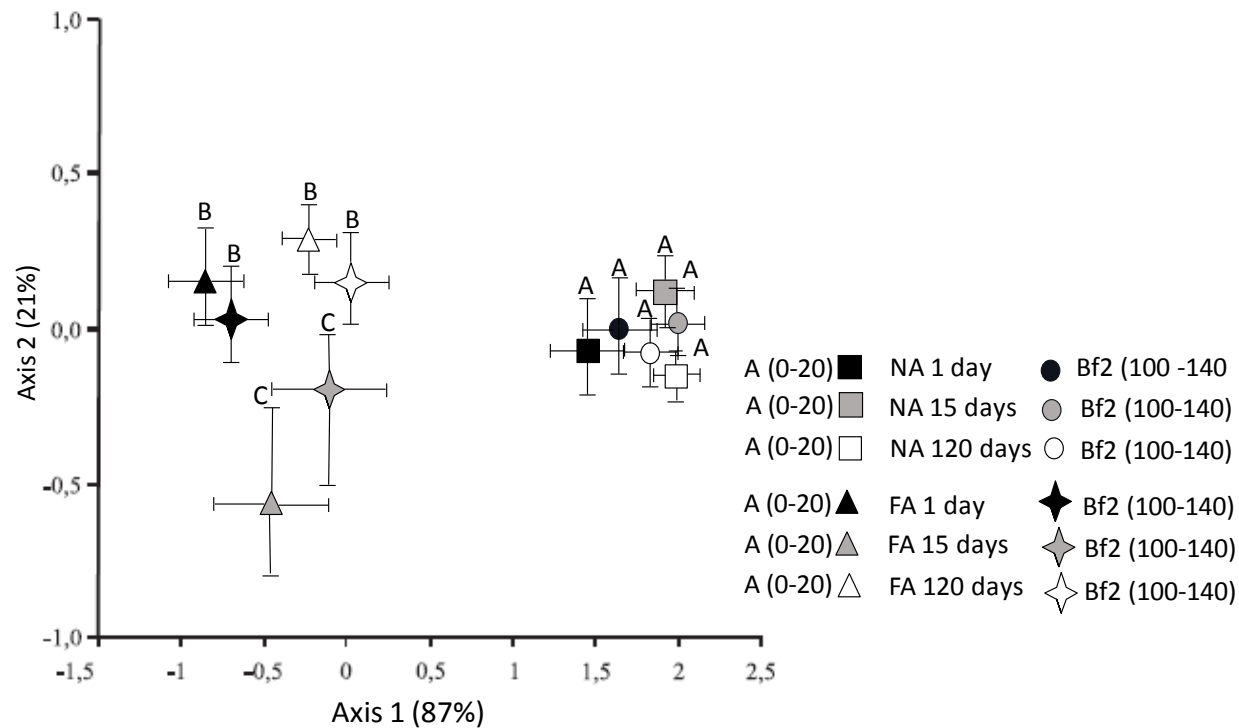


Área irrigada

- ✓ Saturação prolongada causa diminuição na taxa de infiltração da água no solo.

Microbiologia

Fração Sólida



Functional structure of bacterial communities of Plinthosols under flooding simulation at different incubation times, horizons and sampling sites (NA and FA) determined by the metabolic profile in Biolog EcoPlate microplates using non-metric multidimensional scaling (NMS).

Conclusões – Segundo Estudo

Transformações geoquímicas, mineralógicas, físicas e microbiológicas em Plintossolos sob irrigação por inundação diferem daquelas que ocorrem em condições naturais.

Inundação por irrigação agrícola causa:

- ✓ Dissolução e recristalização rápida de minerais
- ✓ Degradação e (neo)formação de nódulos de plintita
- ✓ Maior remobilização de Fe e Al com de minerais mal cristalizados (paragênese hematita-goethita, ferruginização e caulinita – gibbsita, saprolitização)
 - ✓ Alteração nas propriedades geoquímicas (pH, Eh, metais)
 - ✓ Diminuição da infiltração
 - ✓ Seleção de comunidades de microorganismos
- ✓ É provável que na área preservada – ferrólise – Plintossolos e na área com inundação – gleização - Gleissolos

Mensagem Final

- ✓ Áreas úmidas constituem ambientes ecologicamente sensíveis, com dinâmica distinta das terras altas, e forte interface com águas de superfície e subsuperfície.
- ✓ Solos presentes em áreas úmidas tropicais são pouco conhecidos e podem sofrer transformações significativas e irreversíveis como consequência de práticas agrícolas inadequadas.



Obrigado!

acampos@ige.unicamp.br