



Estimativa de parâmetros agronômicos das culturas:

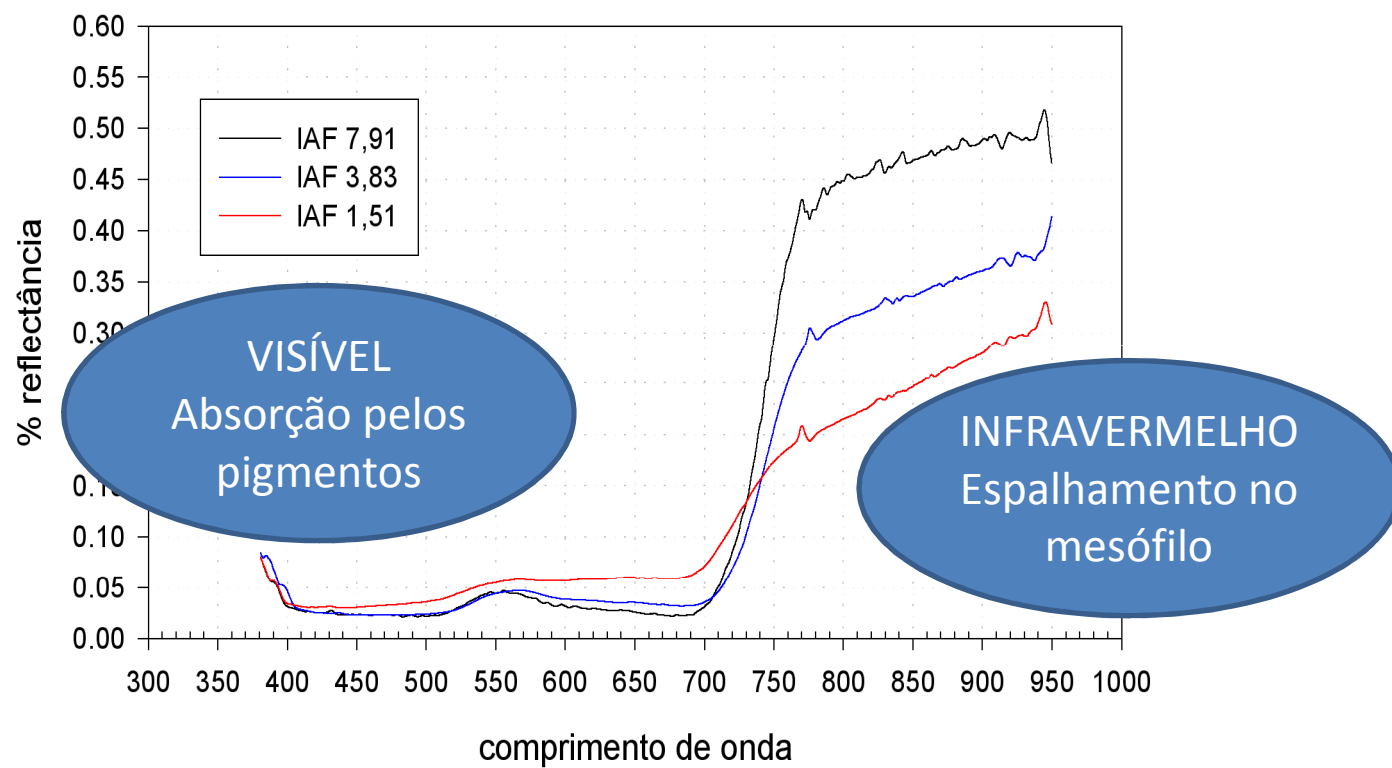
Crescimento
Desenvolvimento
Trocas gasosas



Crescimento:

Associado ao aumento físico de volume,
peso ou estatura das plantas

Avaliação: IAF, matéria seca, altura...



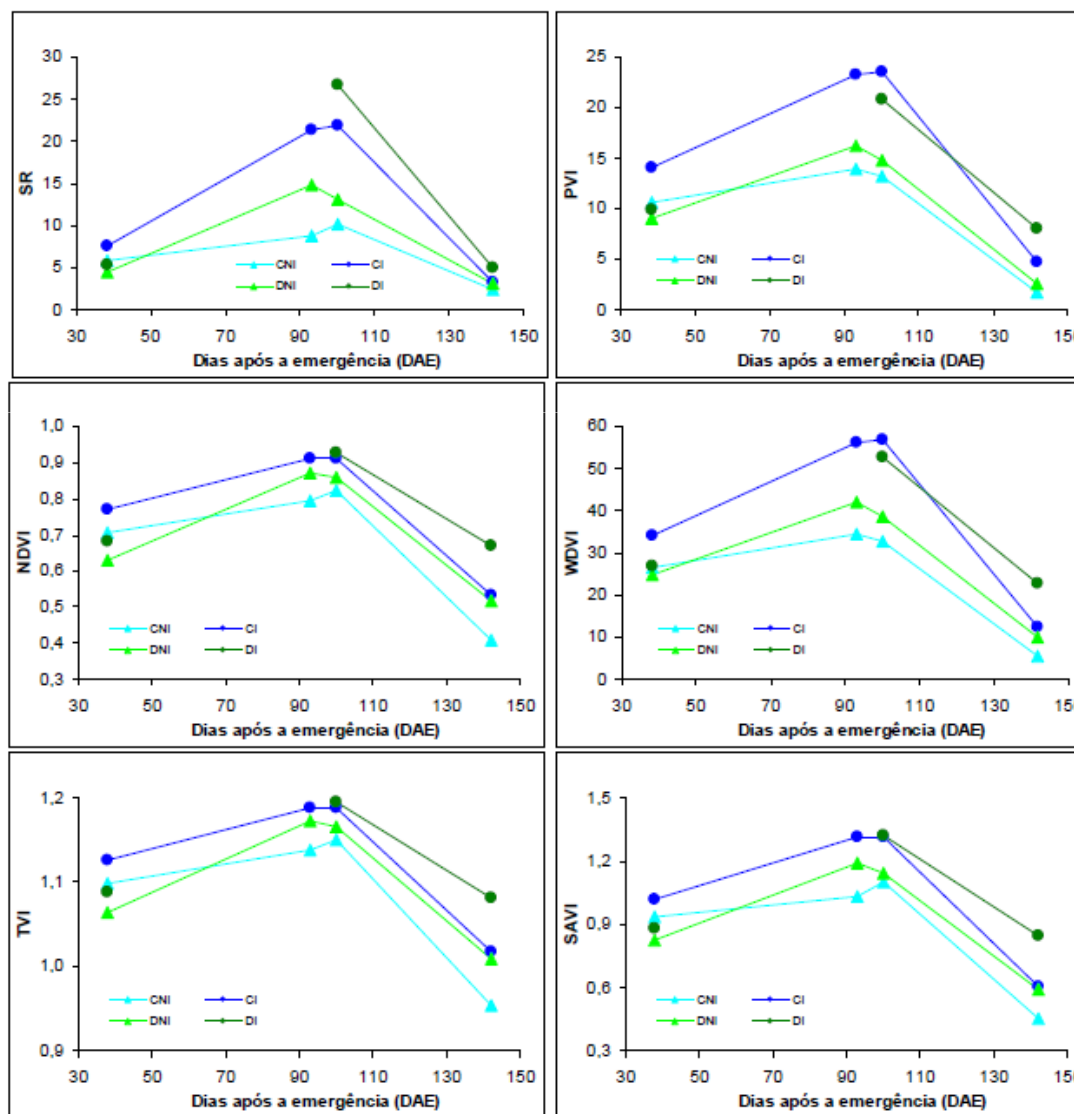
Índice de área foliar (IAF) e reflectância de *Paspalum notatum*. EEA/UFRGS - Eldorado do Sul, 1998/1999
(Fonte: Fonseca et al., 2000).



IVs como indicadores de crescimento

Índices de vegetação SR, NDVI, TVI, PVI, WDI e SAVI, para dossel de soja submetida aos tratamentos: plantio direto irrigado (DI) e não irrigado (DNI), preparo convencional irrigado (CI) e convencional não irrigado (CNI), em relação aos dias após a emergência (DAE). EEA-UFRGS, Eldorado do Sul – RS, 2003/04.

Almeida et al. (2008)





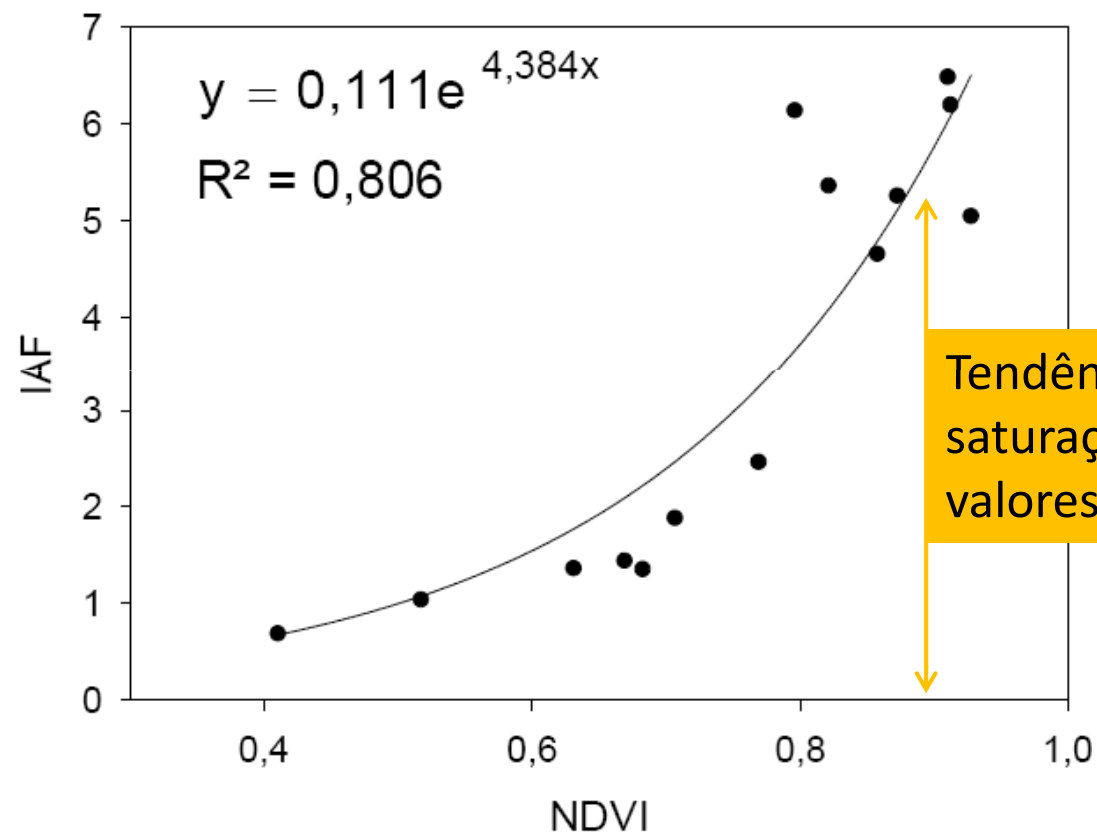
LEAA – Laboratório de Estudos em Agricultura e Agrometeorologia

TABELA 4. Coeficientes de correlação entre índice de área foliar (IAF) e teor das clorofilas *a* e *b*, com reflectâncias no vermelho (RV) e no infravermelho (RI) e índices de vegetação para a cultura da soja no sistema de plantio direto, em preparo convencional e para o conjunto total de dados (ambos sistemas). EAA –UFRGS, Eldorado do Sul – RS, 2003/04.

Parâmetros	Preparo Convencional			Plantio Direto			Ambos Sistemas		
	IAF	clorofila <i>a</i>	clorofila <i>b</i>	IAF	clorofila <i>a</i>	clorofila <i>b</i>	IAF	clorofila <i>a</i>	clorofila <i>b</i>
IAF		0,68	0,67		0,98**	0,97**		0,70*	0,69*
Rv	-0,77**	-0,99**	-1,00**	-0,92**	-0,99**	-0,99**	-0,80**	-0,99**	-0,98**
Ri	0,71**	0,94*	0,90*	0,83**	0,96**	0,96**	0,73**	0,93**	0,90**
SR	0,73**	0,95**	0,90*	0,87**	0,96**	0,97**	0,75**	0,95**	0,94**
NDVI	0,74**	0,93*	0,93*	0,95**	0,96**	0,95**	0,77**	0,94**	0,92**
TVI	0,74**	0,92*	0,93*	0,94**	0,95**	0,94*	0,77**	0,93**	0,91**
PVI	0,72**	0,95**	0,92*	0,90**	0,98**	0,98**	0,78**	0,94**	0,91**
WDVI	0,72**	0,95**	0,92*	0,91**	0,98**	0,98**	0,76**	0,95**	0,92**
SAVI	0,72**	0,96**	0,95**	0,93**	0,96**	0,96**	0,76**	0,95**	0,93**

*significativo ao nível de significância de 5%.

**significativo ao nível de significância de 1%



Relação entre índice de vegetação por diferença normalizada (NDVI) e índice de área foliar (IAF), em lavouras de soja submetidas a distintas condições hídricas e de manejo do solo (Fonte: Almeida et al., 2008).



Comparação entre métodos de estimativa de IAF:

M1 -Almeida (2008)

M2 - Choudhury et al. (1994)

M3 - Produto MOD15A2

Jaboinski (2011)



Índice de área foliar (IAF) Produto MOD15A2

Principais variáveis de entrada:

- ✓ Imagens de refletância de superfície do produto MOD09GQK, de sete bandas espectrais centradas nos seguintes comprimentos de onda do espectro eletromagnético: 0,648; 0,858; 0,470; 0,555; 1,240; 1,640 e 2,130 μm
- ✓ Mapa global de bioma (MOD12Q1 nível 3), gerado a partir da análise e classificação das imagens MODIS adquiridas ao longo do ano 2000.



Os dados de IAF são estimados por um sistema de *look-up-table* (LUT), que calcula o IAF por um modelo de transferência radiativa tridimensional invertida

$$IAF_{M1} = 0,111e^{4,384NDVI}$$



LEAA – Laboratório de Estudos em Agricultura e Agrometeorologia

M1

Almeida (2008):

$$IAF1 = 0,111e^{4,384NDVI}$$

M2

Choudhury et al. (1994):

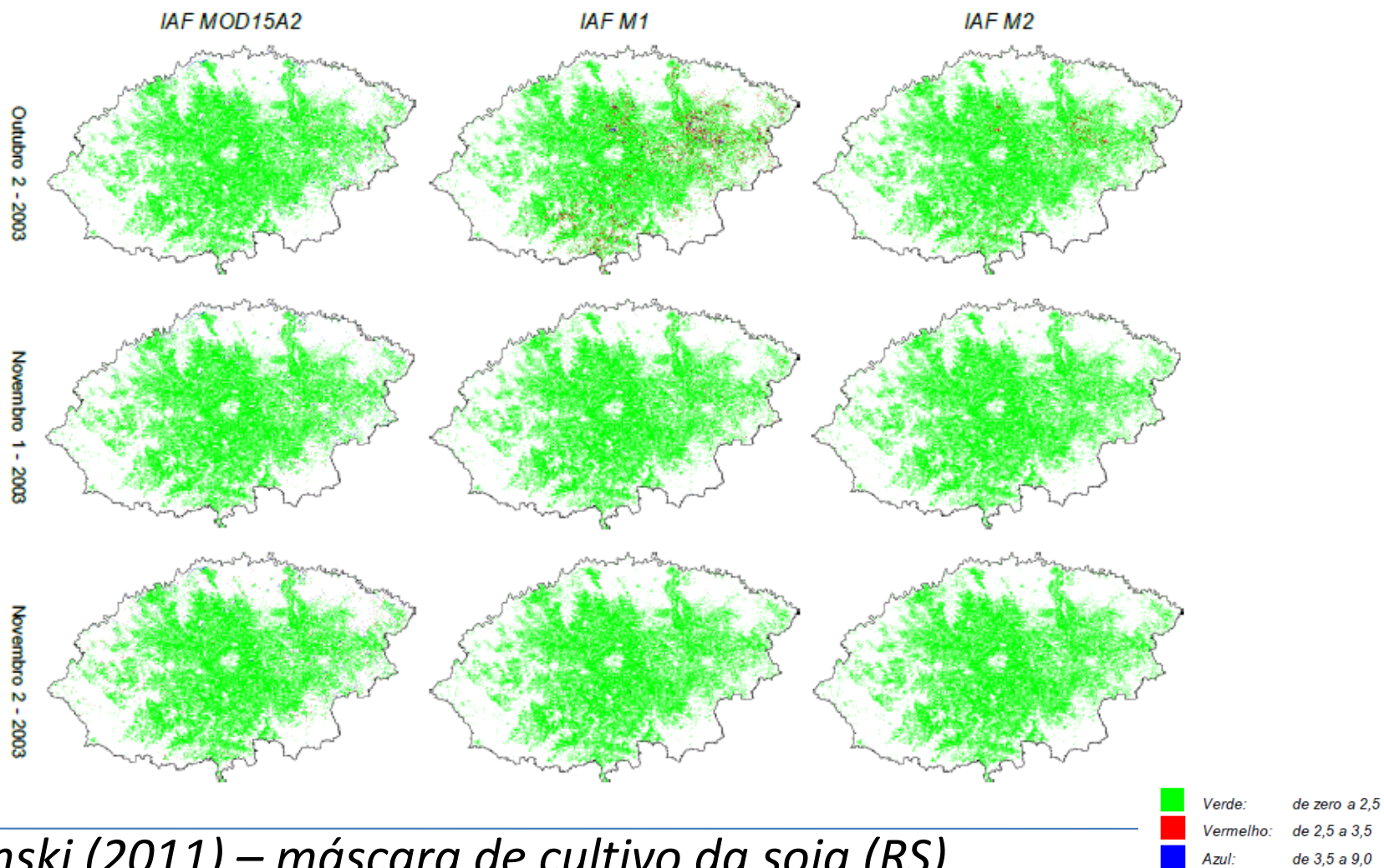
$$IAF2 = -2 \ln(1 - Fc)$$

$$Fc = 1 - \left(\frac{NDV_{Imax} - NDVI}{NDV_{Imax} - NDV_{Imin}} \right)^{0,6}$$

IAF_M1 = 0,111e^{430:NDVI}



LEAA – Laboratório de Estudos em Agricultura e Agrometeorologia

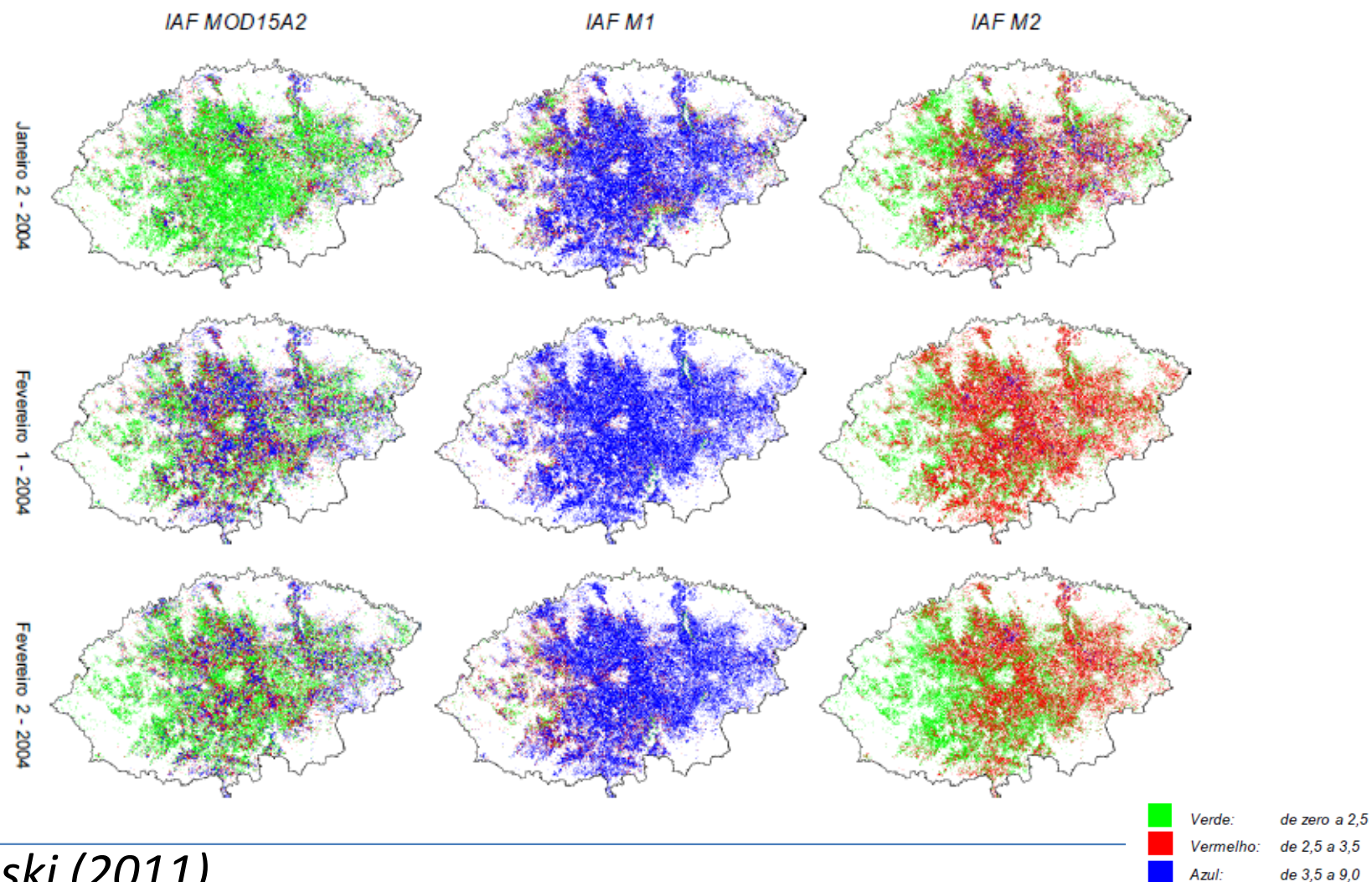


Jaboinski (2011) – máscara de cultivo da soja (RS)

IAF_M1 = 0,111e⁴³⁸NDVI



LEAA – Laboratório de Estudos em Agricultura e Agrometeorologia

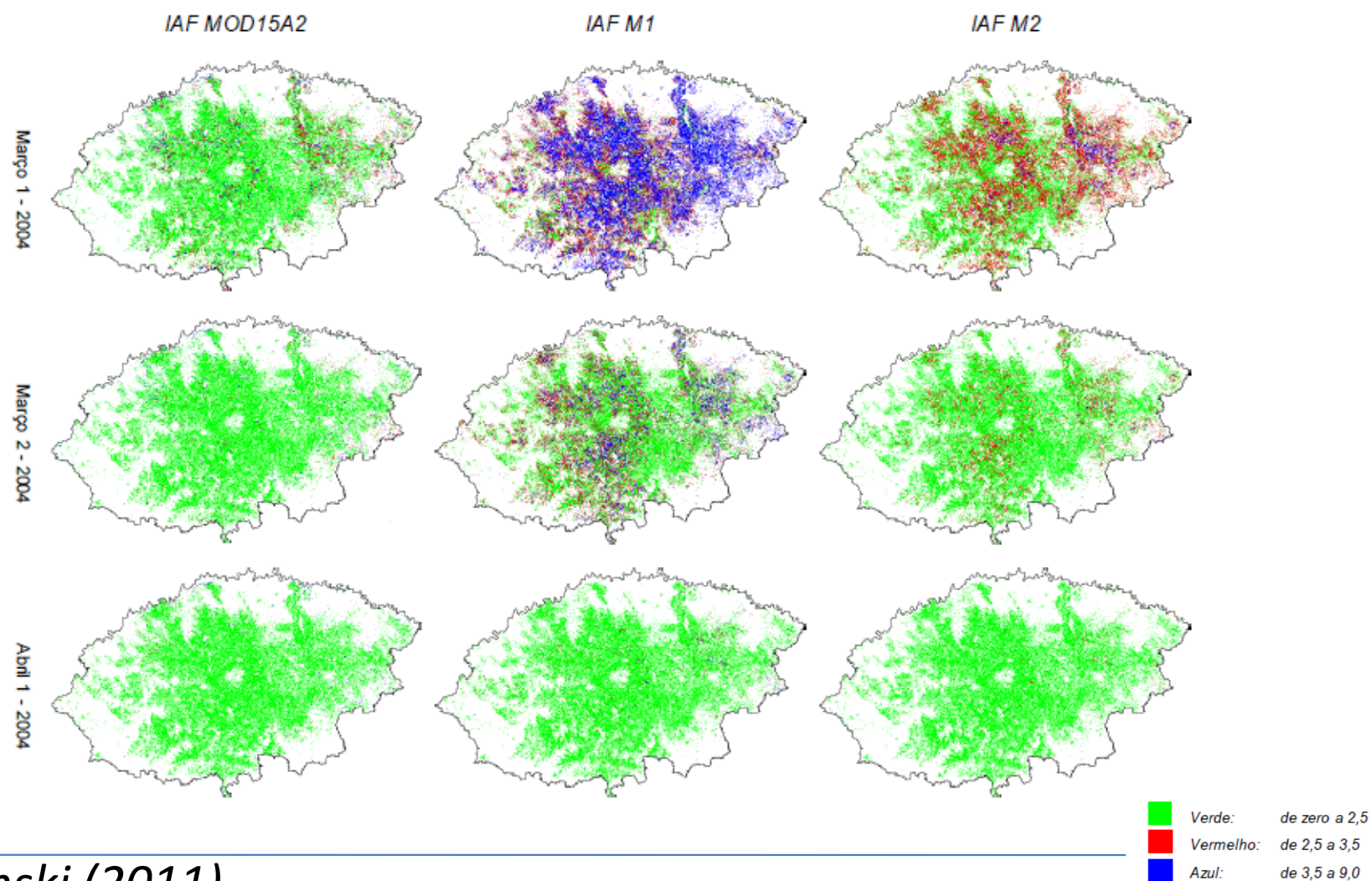


Jaboinski (2011)

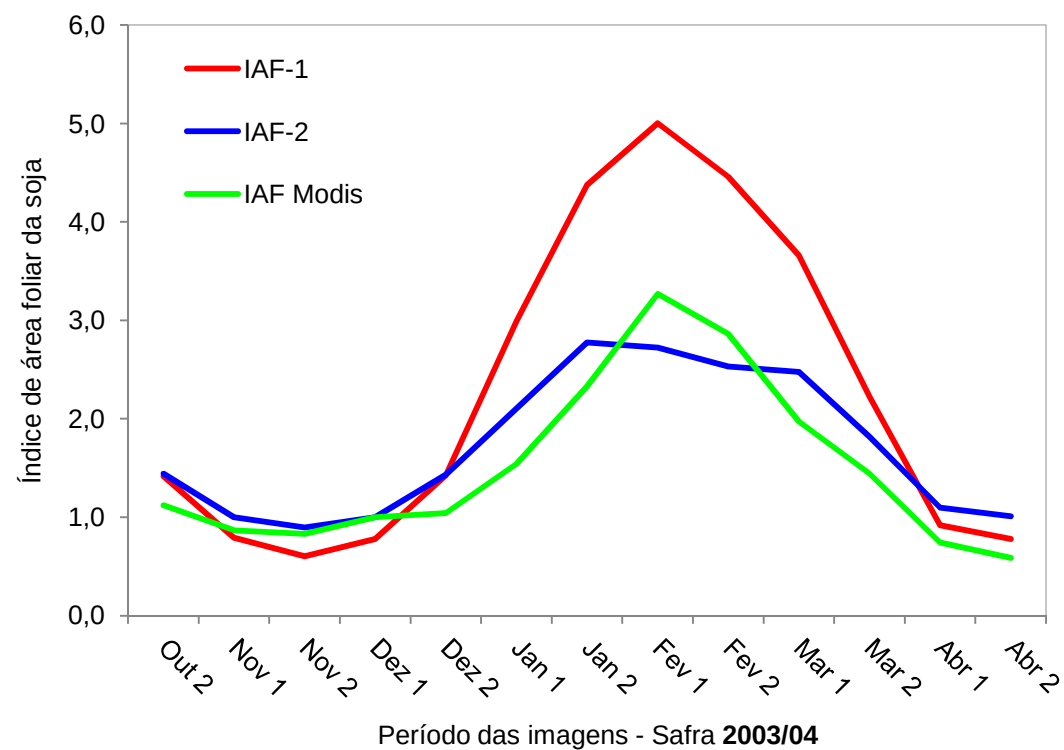
$IAF_{M1} = 0,111e^{438,8NDWI}$



LEAA – Laboratório de Estudos em Agricultura e Agrometeorologia



Jaboinski (2011)



Perfil temporal do IAF para safra 2003/04, considerando o IAF, MOD15A2, o IAF_M1 e o IAF_M2.

Jaboinski (2011)



Desenvolvimento:

Variações físicas que implicam em mudanças de necessidades e de sensibilidades da plantas

Avaliação: escalas fenológicas, calendários agrícolas,...

LEAA – Laboratório de Estudos em Agricultura e Agrometeorologia

Escala
Fenológica de
Fehr e Caviness
(1977) para a
cultura da soja.

Estádios
vegetativos

Estádio Vegetativo			
Estádios	Denominação	Descrição	Fotografias
E	Emergência	Os cotilédones estão acima da superfície do solo	
C	Cotilédone desenvolvido	As margens das folhas unifoliadas e opostas não se tocam.	
1	Primeiro nó	Folhas unifoliadas desenvolvidas.	
2	Segundo nó	Folhas trifoliadas completamente desenvolvidas no nó acima das folhas unifoliadas.	
3	Terceiro nó	Três nós sobre a haste principal com folhas completamente desenvolvidas, iniciando-se com nós das folhas unifoliadas.	
n	Enésimo nó	“n” números de nós sobre a haste principal com folhas completamente desenvolvidas, iniciando-se com nós das folhas unifoliadas.	

LEAA – Laboratório de Estudos em Agricultura e Agrometeorologia

Estádios reprodutivos

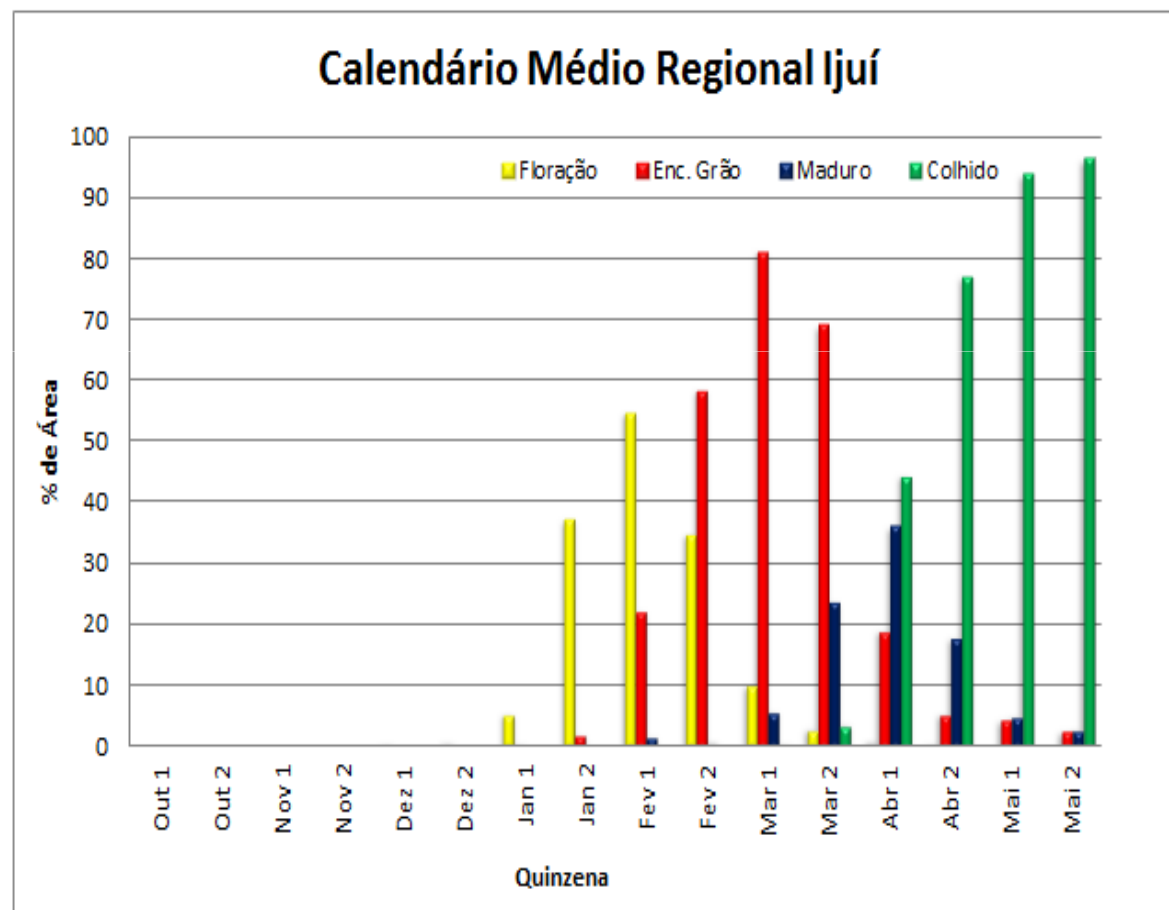
Estádios	Denominação	Estádio Reprodutivo			
		Descrição	Fotografias		
R1	Início do florescimento	Uma flor aberta em qualquer nó da haste principal			
R2	Pleno florescimento	Uma flor aberta no último nó da haste principal, com folha completamente desenvolvida.			
R3	Início da formação das vagens	Vagem com 0,5 cm de comprimento desenvolve-se em um dos quatro últimos nós da haste principal, com folha completamente desenvolvida.			
R4	Plena formação das vagens	Vagem com 2,0 cm de comprimento desenvolve-se em um dos quatro últimos nós do caule com folha completamente desenvolvida.			
R5	Início do enchimento das sementes	Semente com 3 mm de comprimento em uma vagem, localizada em um dos quatro últimos nós da haste principal, com a folha completamente desenvolvida.			



Calendário agrícola

são tabelas que contêm a informação sobre a porcentagem de área das lavouras, que se encontram em determinada etapa do ciclo da cultura.

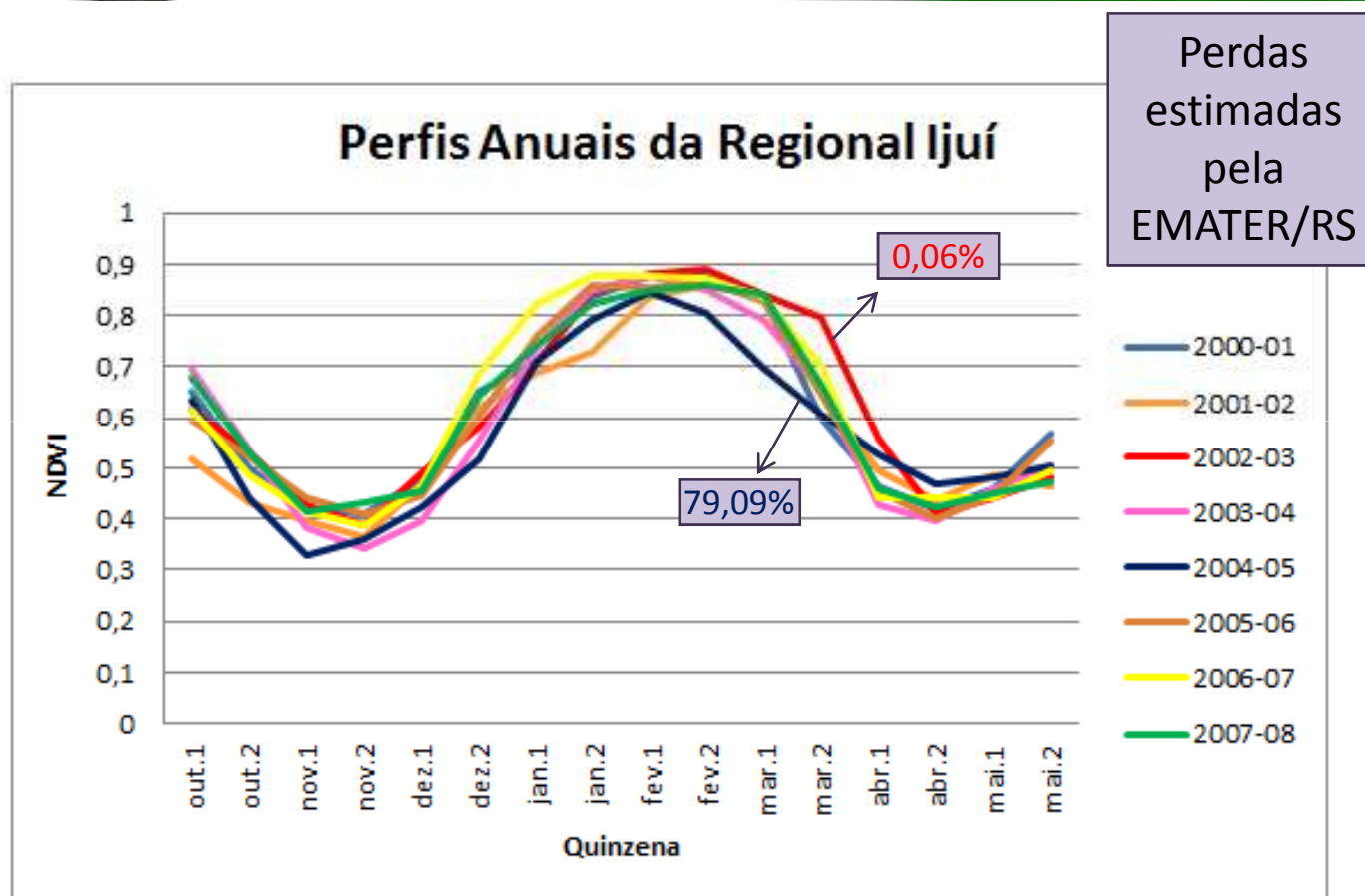
Elaborado pela EMATER



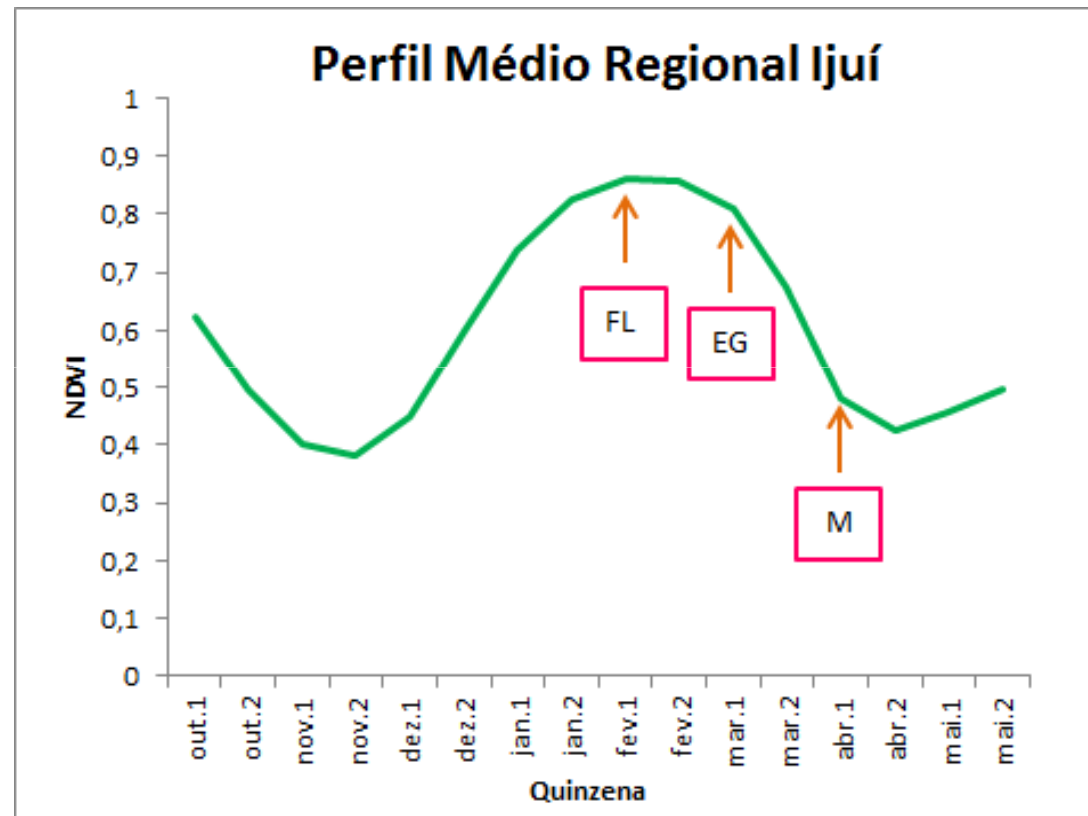


Cultura da soja

NDVI como indicador de desenvolvimento



Perfis anuais do NDVI nas áreas de soja da regional Ijuí, das 8 safras estudadas (Gutterres et al., 2010).
(o valor nas caixas representa as perdas de safras estimadas pela Emater/RS)



Perfil médio da regional de Ijuí, com indicações da quinzena em que foi atingida a máxima área de cada etapa, onde (FL) indica floração, (EG) enchimento de grãos e (M) maturação (Gutierrez et al., 2010).

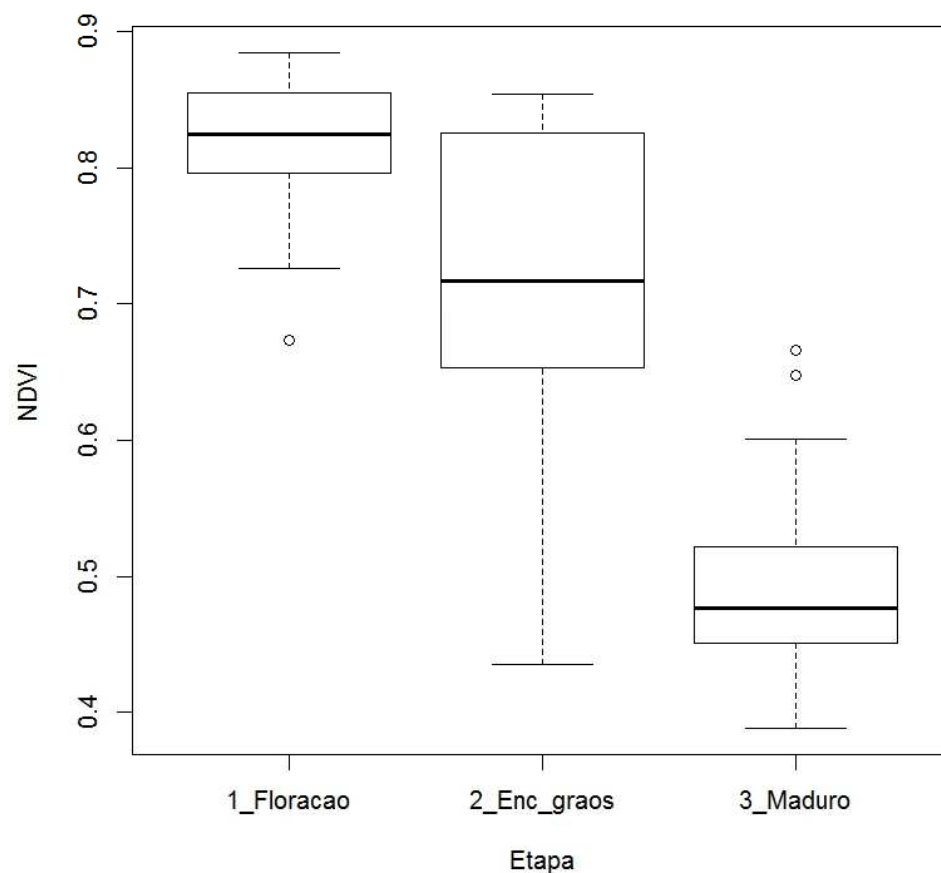


Diagrama de caixas dos valores de NDVI correspondente a data em que foi atingida a máxima área de lavouras nas etapas de floração, enchimento de grãos e maduro. Região de produção de soja no RS, nas safras 2000/01 a 209/10. Fontana et al., 2013).

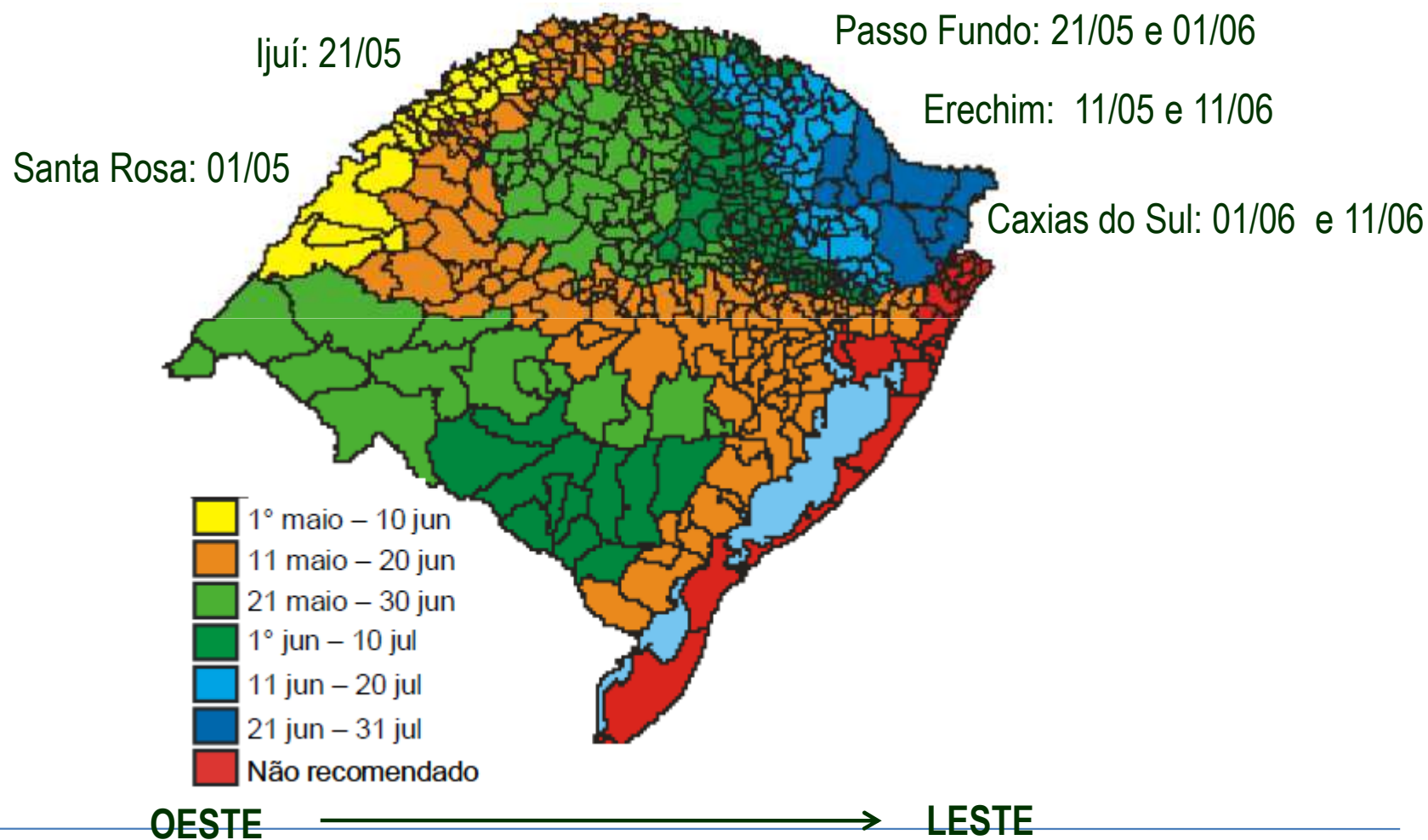


LEAA – Laboratório de Estudos em Agricultura e Agrometeorologia



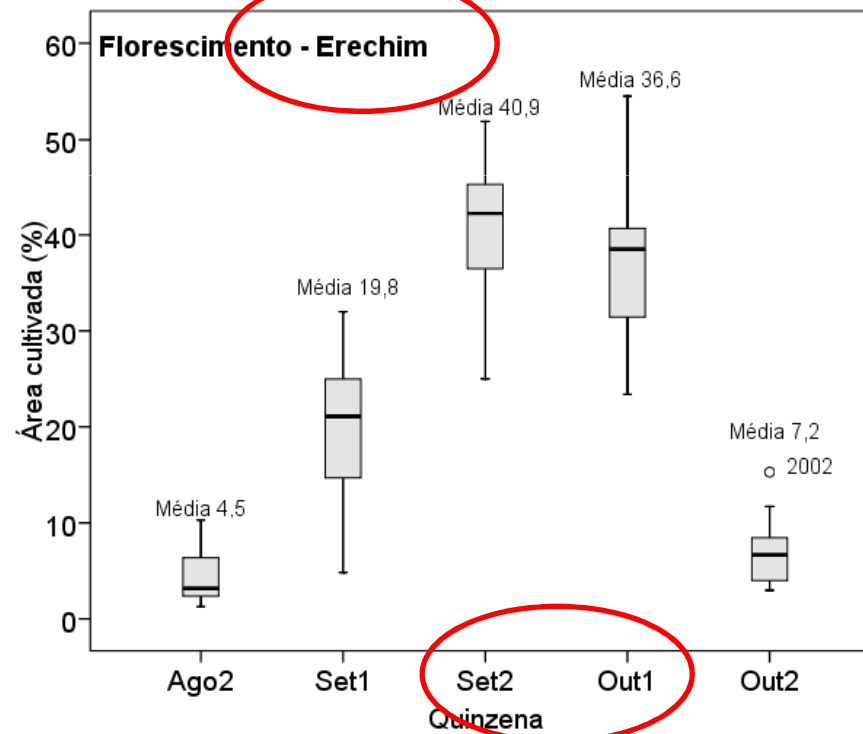
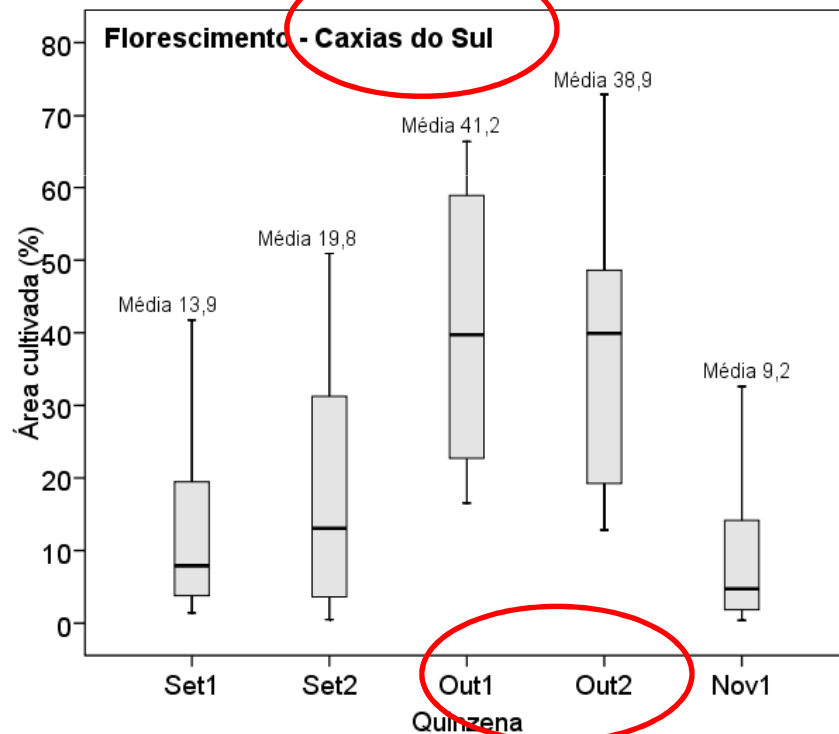
Cultura do trigo

NDVI como indicador de desenvolvimento

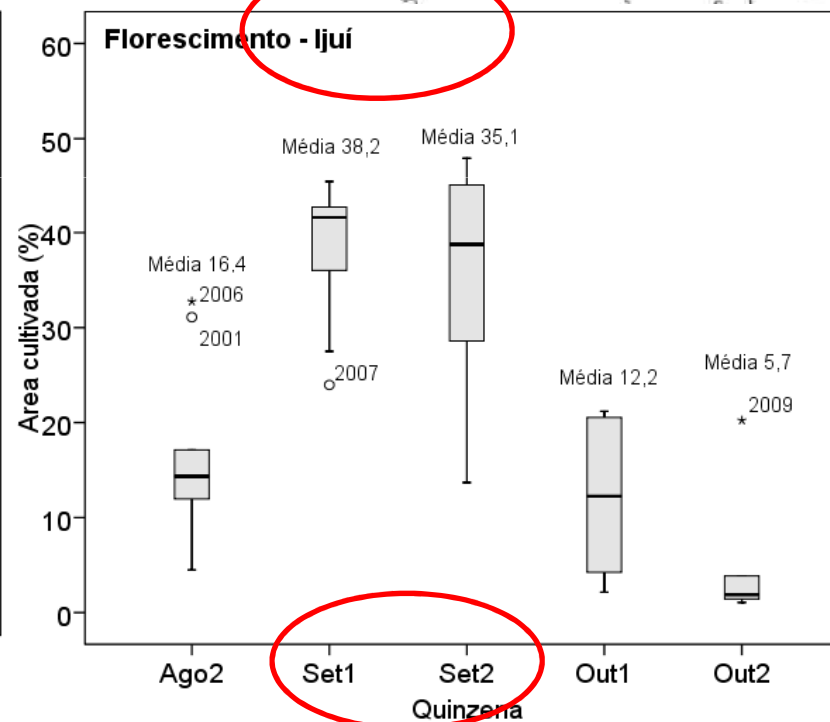
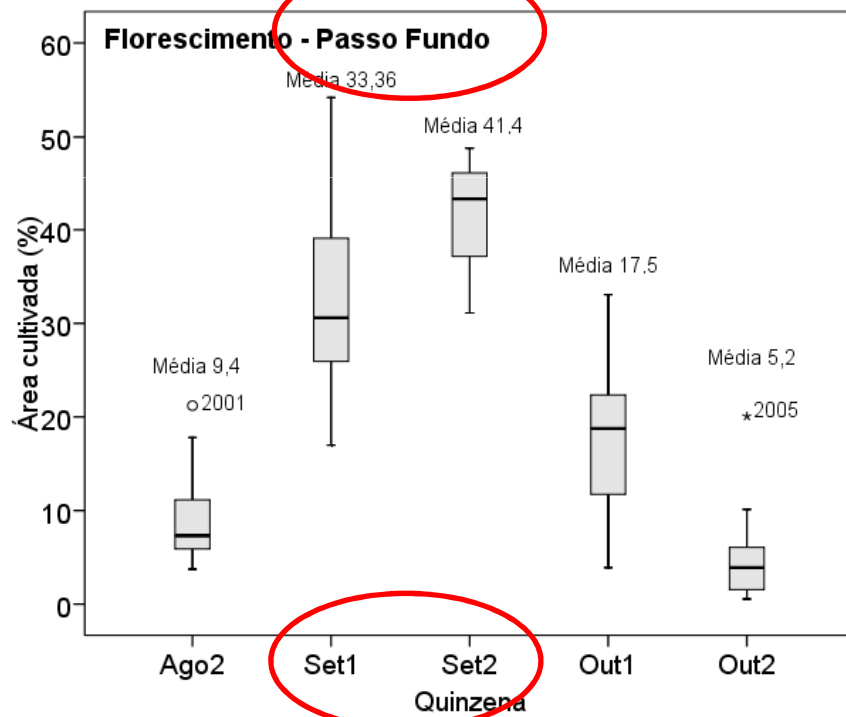
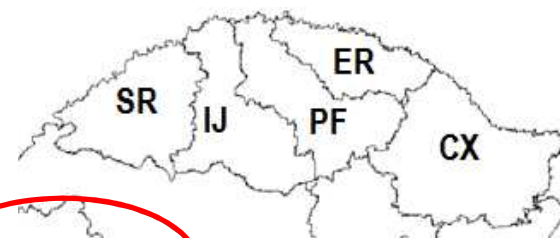


Épocas de semeadura de trigo no Rio Grande do Sul. Fonte: Cunha et al. (2001).

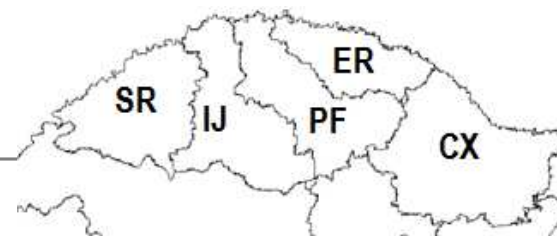
Porcentagem de área cultivada de trigo em estágio de florescimento, dados de 1999 a 2009, regionais Caxias do Sul e Erechim. Fonte dos dados: EMATER/RS.

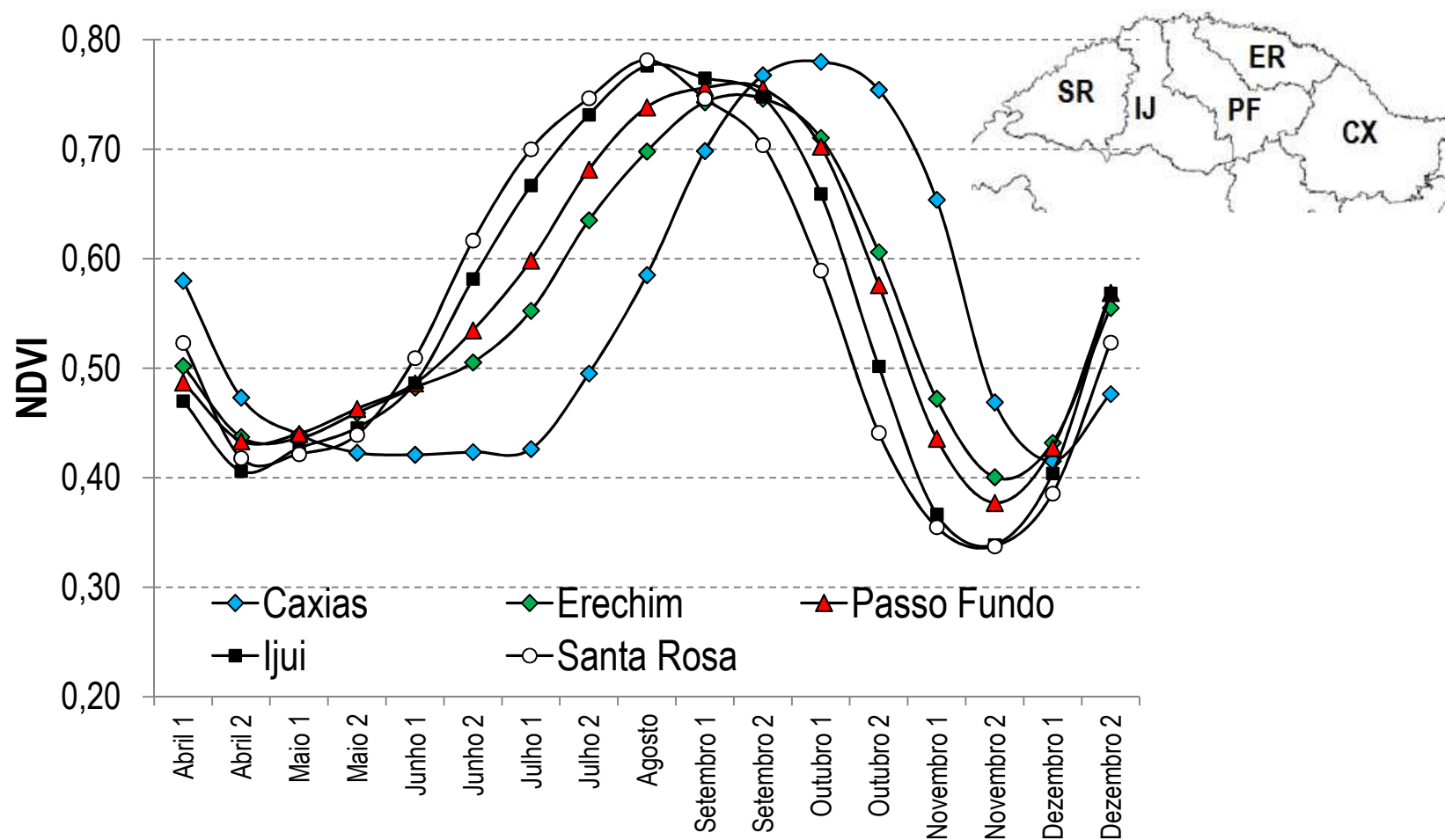


Porcentagem de área cultivada de trigo em estágio de florescimento, dados de 1999 a 2009, regionais Passo Fundo e Ijuí. Fonte dos dados: EMATER/RS.



Porcentagem de área cultivada de trigo em estágio de enchimento de florescimento, dados de 1999 a 2009, regional Santa Rosa. Fonte dos dados: EMATER/RS.





Perfis temporais médios de NDVI da classe 2 (cereais produtores de grãos) nas Regionais da Emater/RS



Trocas gasosas atmosfera-superfície

NDVI vs Fluxo de CO₂

Projeto parceria UFRGS e UFSM

Datas de avaliação:

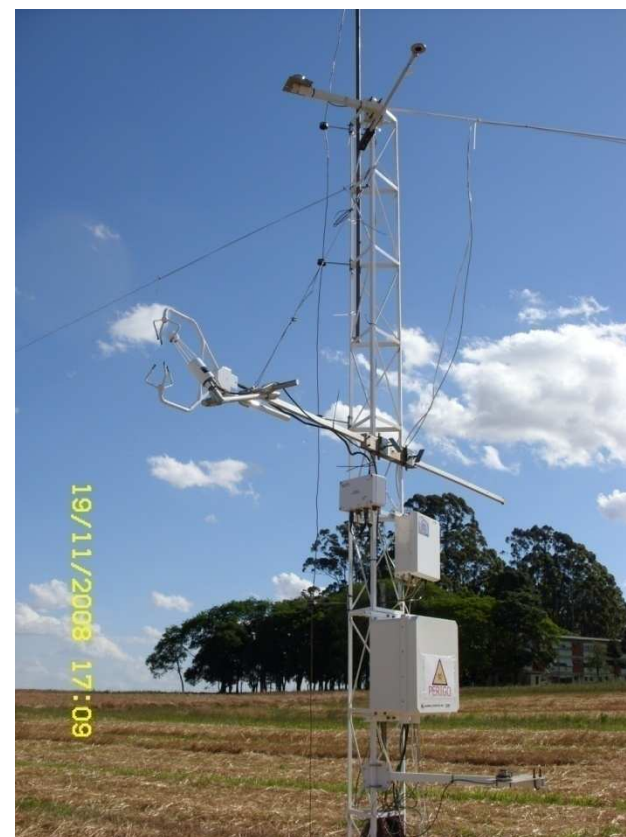
20/12/08; 05/01/08; 21/01/09; 26/03/09; 11/04/08

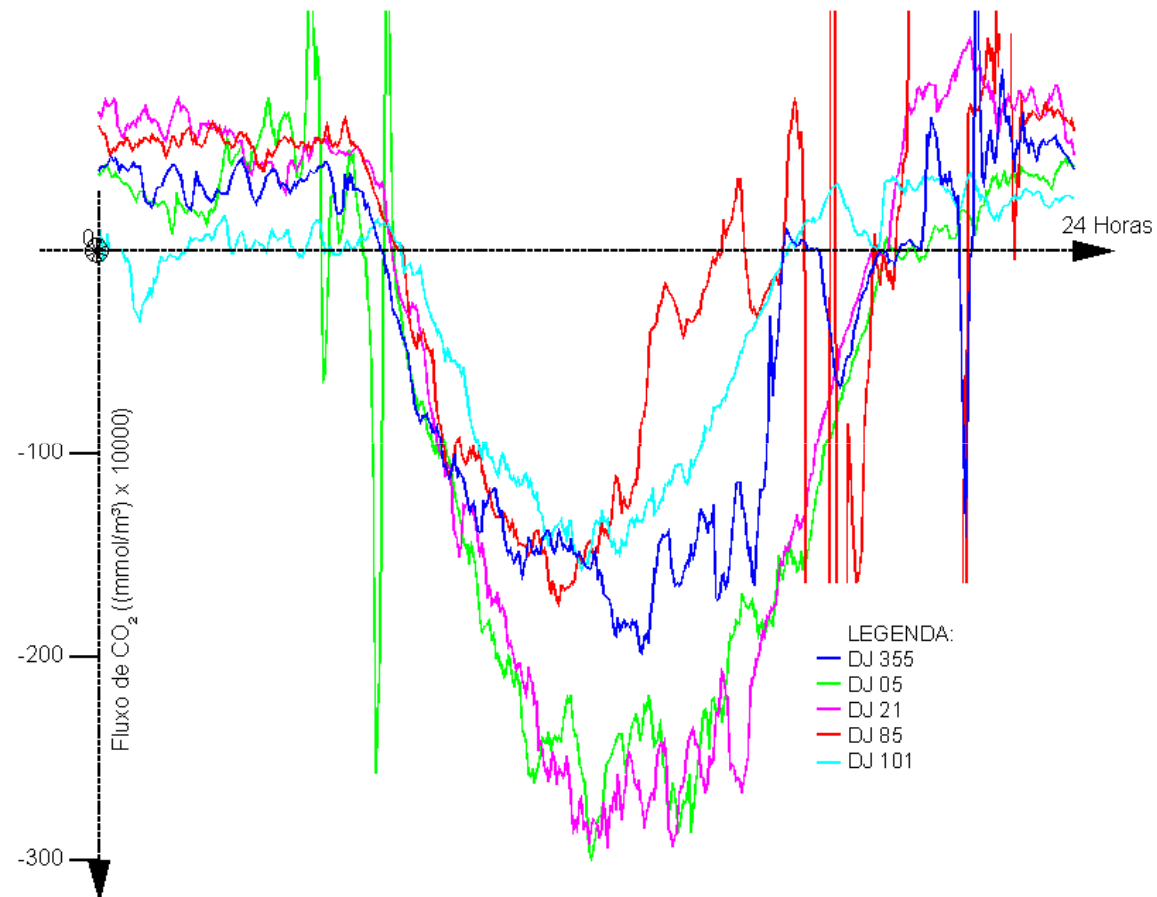


LEAA – Laboratório de Estudos em Agricultura e Agrometeorologia

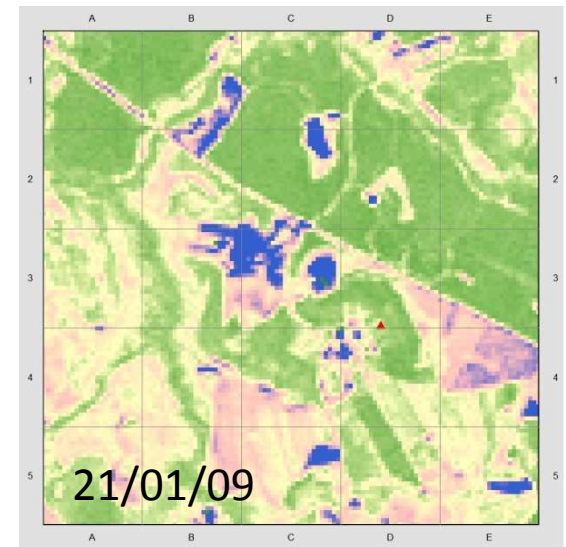
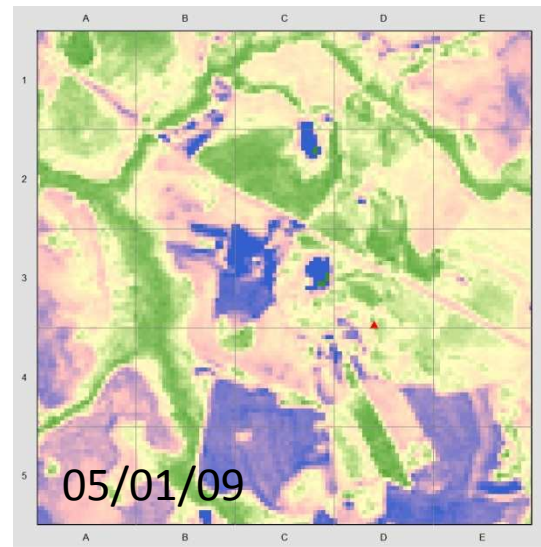
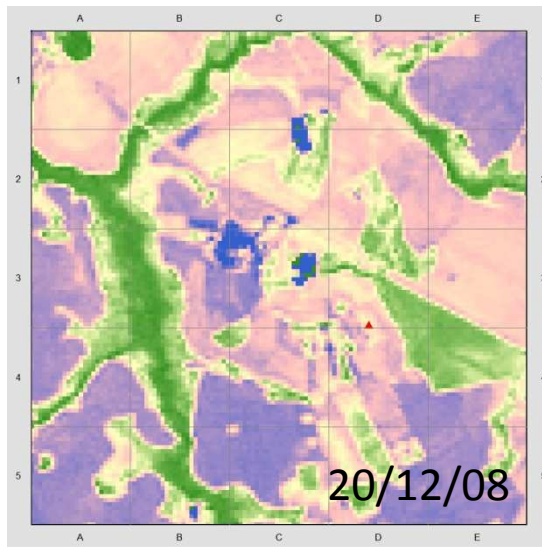
Fluxo de CO₂

Obtenção: técnica de covariância de vórtices, usando uma torre micrometeorológica, instalada pela UFSM em lavoura experimental cultivada com soja no município de Cruz Alta.





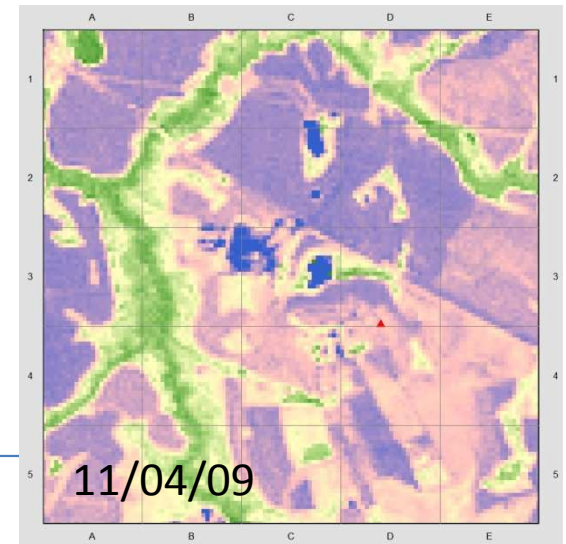
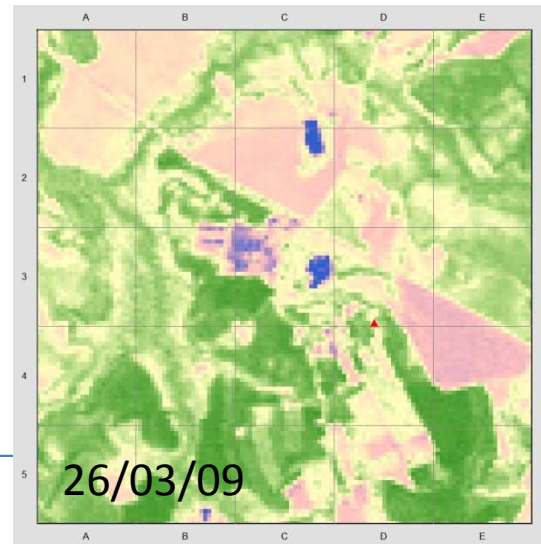
Varição do fluxo de CO_2 ao longo das 24 horas nos 5 dias coincidentes com a passagem do Landsat (Rodrigues, 2010)



Imagens NDVI – Landsat TM5
(Rodrigues, 2010)

$$r_{(CO_2, NDVI)} = 0,757$$

(Rodrigues, 2010)



Análise de correlação entre NDVI e parâmetros associado às trocas de CO₂

Parâmetro	Fluxo de CO ₂ (μMolm ⁻² s ⁻¹)					Coeficiente de correlação
	DJ 355	DJ 5	DJ 21	DJ 85	DJ 101	
NDVI	0,5967	0,7877	0,8405	0,7337	0,4022	
Inst	-0,0192	-0,0234	-0,0261	-0,0089	-0,0133	-0,544
Med 2h	-0,01717	-0,02488	-0,02693	-0,00811	-0,01288	-0,569
Med negat	-0,01048	-0,01764	-0,01741	-0,0262	-0,00908	-0,654
Med 24 h	-0,00389	-0,00756	-0,00591	-0,01401	-0,00286	-0,506
Pico negat ²	-0,0198	-0,03	-0,0294	-0,0175	-0,0158	-0,785
Área ^{1,2,3}	26572	42518	42484	18695	17254	0,757
Perímetro ^{1,2,3}	1558	1701	1756	2199	890	0,815

(Rodrigues, 2010)

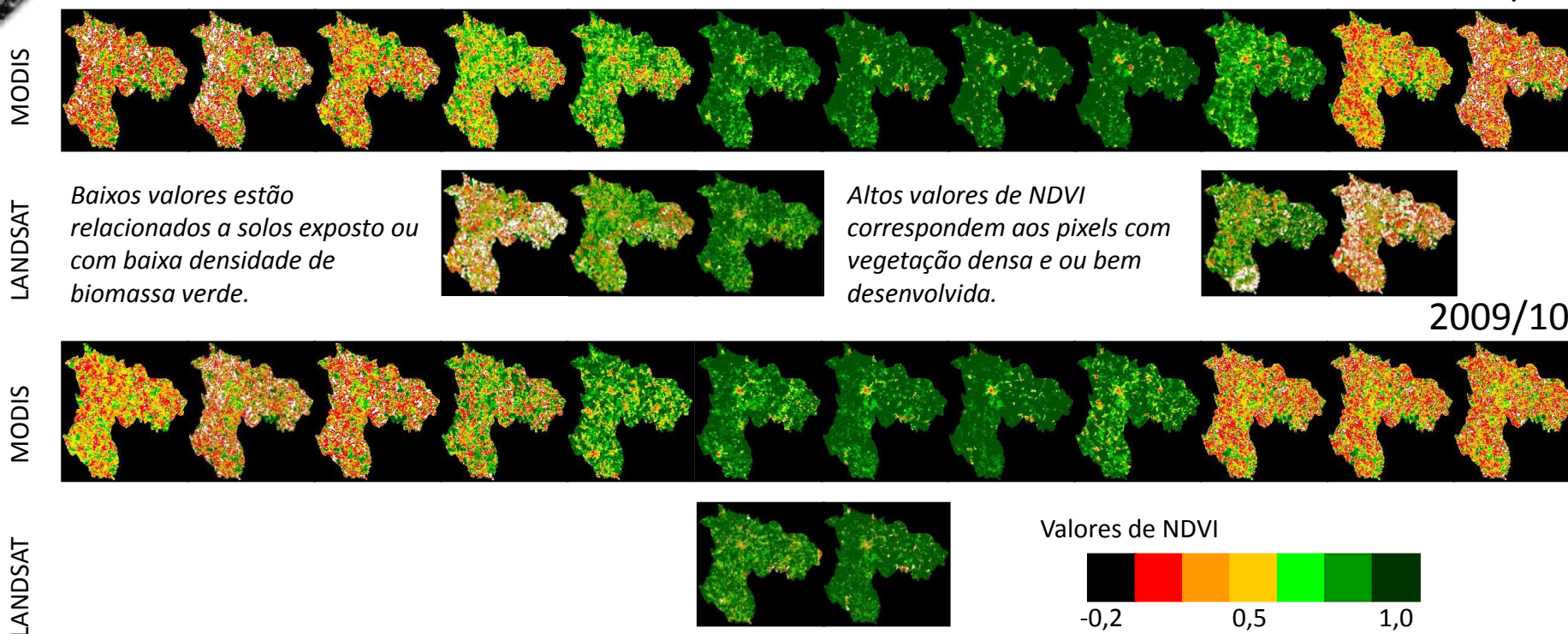
Inst – é o valor instantâneo do horário da passagem do Satélite (10:15h), Med 2h – é o valor da média de duas horas centrada no horário da passagem; Med negat – é a média de todo o período em que o fluxo é negativo; Med 24h – é a média das 24h; Área – é integração da curva do período em que o fluxo é negativo; Perímetro – é o perímetro da curva na período em que o fluxo é negativo; Pico negat – é o valor máximo de fluxo no período em que o fluxo é negativo. ¹Valores multiplicados por 10000. ²Correlações significativas a 90% de probabilidade

³Obtidos das seções relativas no período em que o fluxo é negativo

[1] Uniformizar todos os números que tem decimais para 4 casas.



Relação Entre a Captura de CO₂ Atmosférico em Lavouras de Soja e o Índice Espectral de Vegetação “NDVI” Obtido de Imagens Orbitais MODIS e LANDSAT TM5

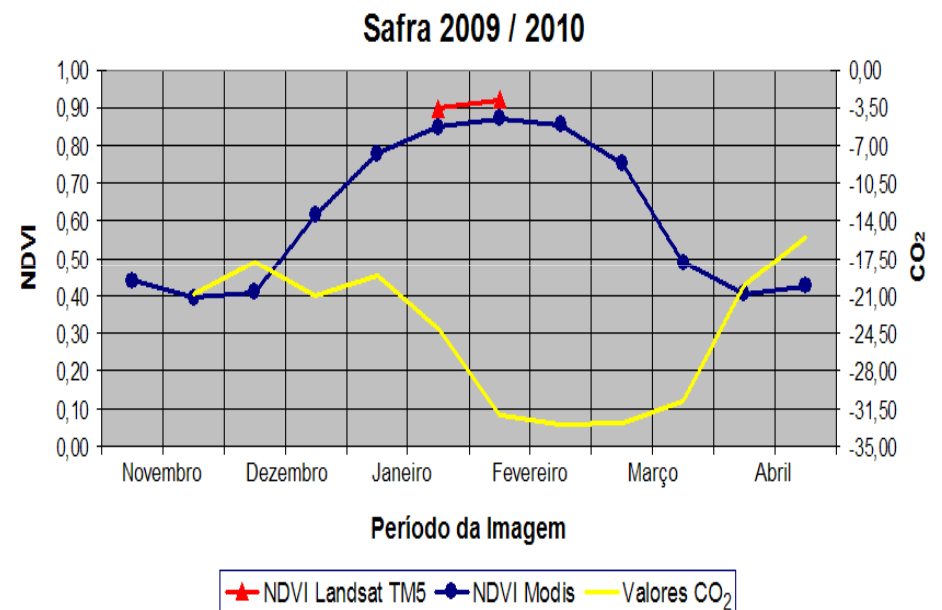
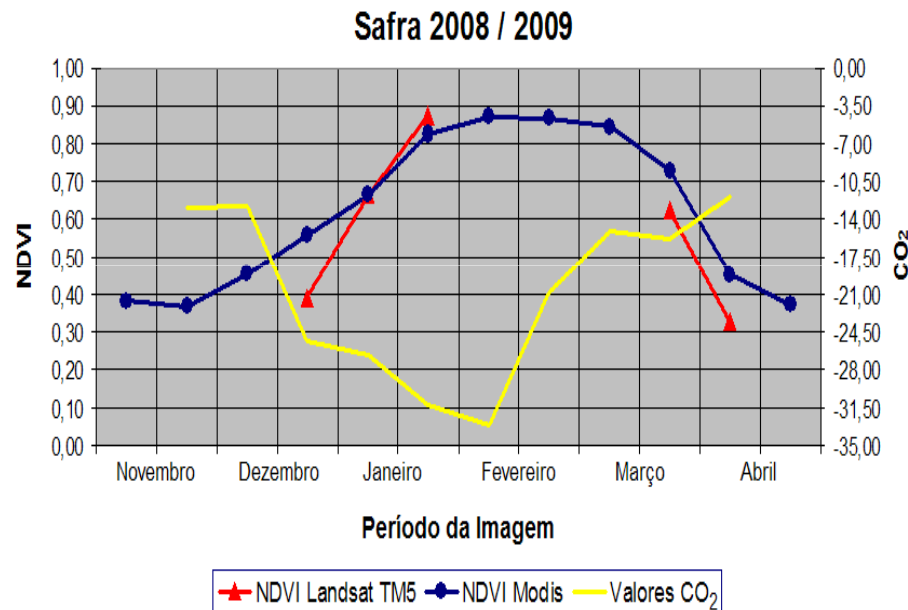


Imagens MODIS e LANDSAT TM5 já com o índice de vegetação (NDVI), ao longo do ciclo da soja no município de Cruz Alta nas safras 2008/09 e 2009/10.

(Gehhardt, 2011)



- Relação entre os valores de NDVI e os de CO₂:



- Similaridade dos valores de NDVI para os dois sensores, MODIS e LANDSAT TM5.

- Valores de NDVI e de CO₂ possuem uma relação inversa, pois quanto maior o valor de NDVI, maior a biomassa, maior a potencialidade de captura de CO₂ através da fotossíntese portanto maior a absorção de CO₂ (fluxo negativo) pela cultura de soja.

(Gehrardt, 2011)



EXERCÍCIO

Para o período de maior desenvolvimento da soja no município em estudo, nas duas safras utilizadas para caracterizar a ocorrência de estresse, determinar o índice de área foliar através:

- ✓ Produto MOD15A2
- ✓ Almeida (2008)
- ✓ Choudhury et al. (1994)

Entrega: 18/11