



XXXIV Congresso Brasileiro de Ciência do Solo

01 de agosto de 2013 -  
Florianópolis - SC

# POTENCIAL E RESULTADOS DA APLICAÇÃO DO BIOCARVÃO AO SOLO

Beata Madari  
Embrapa Arroz e Feijão

## Colaboradores principais

Márcia Thaís de Melo Carvalho, CNPAF

Mellissa Ananias Soler da Silva, CNPAF

Etelvino Henrique Novotny, CNPS

Fabiano André Petter, UFMT

Alexandre Bryan Heinemann, CNPAF

Rogério Gomes Pereira, UFG

Larissa Lima, UFG



## Objetivo ao aplicar biomassa carbonizada ao solo:

1. Aumentar a quantidade de carbono estável no solo para fins de seqüestro de C (C retirado do atmosfera);
2. Aumentar a fertilidade do solo, no sentido amplo, ou seja, **melhorar suas propriedades** químicas, físicas e biológicas, para, como objetivo final, **aumentar a produtividade** das culturas, **reduzir os custos e incerteza** da produção e **reduzir ou compensar o efeito ambiental** da produção agrícola.



**Embrapa**

Ministério da  
Agricultura, Pecuária  
e Abastecimento

GOVERNO FEDERAL  
**BRASIL**  
PAÍS RICO É PAÍS SEM POBREZA

- Definição

Qualquer biomassa tratado com calor em ambiente controlado ( $O_2$  reduzido) e produzido com o objetivo de aplicar no solo.

- Diversas fontes de biocarvão (biomassa)
- Diversos processos de carbonização
- Diversos materiais chamados de biocarvão



Ministério da  
Agricultura, Pecuária  
e Abastecimento



## Composição elementar (valores totais) de carvões

*pl: pirólise lenta; pr: pirólise rápida*

|                                               | Cerrado pl | Eu pl  | Cana pr | Eu pr  |
|-----------------------------------------------|------------|--------|---------|--------|
| Nitrogênio total (N)                          | 6,6        | 3,3    | 9,5     | 3,6    |
| Fósforo (P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> total) | 1,0        | 1,0    | 1,2     | 1,0    |
| K <sub>2</sub> O                              | 3,3        | 8,0    | 10,0    | 3,0    |
| CaO                                           | 5,7        | 16,0   | 13,0    | 3,2    |
| MgO                                           | 1,1        | 2,8    | 4,2     | 1,0    |
| Enxofre (S)                                   | 0,4        | 1,0    | 1,5     | 1,2    |
| Cobre (Cu)                                    | 7,0        | 10,0   | 10,0    | 10,0   |
| Ferro (Fe)                                    | 6150,0     | 7200,0 | 15000,0 | 1900,0 |
| Manganês (Mn)                                 | 194,0      | 240,0  | 400,0   | 130,0  |
| Zinco (Zn)                                    | 13,0       | 20,0   | 40,0    | 10,0   |
| Molibdênio (Mo)                               | 2,0        | 10,0   | 10,0    | 10,0   |
| Cobalto (Co)                                  | 1,0        | 10,0   | 10,0    | 10,0   |
| Boro (B)                                      | 5,0        | 20,0   | 10,0    | 10,0   |
| Carbono oxidável                              |            | 59,7   | 32,5    | 42,0   |
| Carbono total (C)                             | 490,6      | 773,8  | 504,7   | 910,0  |
| Umidade                                       | 50,0       | 75,0   | 60,0    | 40,0   |
| Relação C:N                                   | 86,7       | 273,6  | 62,0    | 295,0  |
| pH                                            |            | 9,4    | 9,0     |        |



**Embrapa**

Ministério da  
Agricultura, Pecuária  
e Abastecimento

GOVERNO FEDERAL  
**BRASIL**  
PAÍS RICO É PAÍS SEM POBREZA

## Composição elementar (valores totais) de carvões

| Amostra                               | Carbono %    | Nitrogênio % | C:N         |
|---------------------------------------|--------------|--------------|-------------|
| Carvão Ossos 25min 300°C 10 min 500°C | 231          | 17,2         |             |
| Carvão Ossos 25min 300°C 10 min 500°C | 227          | 17,4         |             |
| Carvão Ossos 25min 300°C 10 min 500°C | 228          | 17,2         |             |
| <b>Média</b>                          | <b>228,7</b> | <b>17,3</b>  | <b>15,5</b> |
| CV%                                   | 0,75         | 0,67         |             |
|                                       |              |              |             |
| Carvão Ossos 45min 300°C 7 min 500°C  | 130          | 18,1         |             |
| Carvão Ossos 45min 300°C 7 min 500°C  | 137          | 18,8         |             |
| Carvão Ossos 45min 300°C 7 min 500°C  | 133          | 19,0         |             |
| <b>Média</b>                          | <b>133</b>   | <b>18,6</b>  | <b>8,3</b>  |
| CV%                                   | 2,55         | 2,54         |             |
|                                       |              |              |             |
| Carvão Ossos 10min 930°C              | 142          | 16,7         |             |
| Carvão Ossos 10min 930°C              | 144          | 17,4         |             |
| Carvão Ossos 10min 930°C              | 148          | 17,8         |             |
| <b>Média</b>                          | <b>144,5</b> | <b>17,3</b>  | <b>9,7</b>  |
| CV%                                   | 2,28         | 3,22         |             |



**Embrapa**

Ministério da  
Agricultura, Pecuária  
e Abastecimento

GOVERNO FEDERAL  
**BRASIL**  
PAÍS RICO É PAÍS SEM POBREZA

Fogos naturais e antrópicos são comuns

A vegetação natural é adaptada à  
ocorrência de fogo



Glaser et al. (2002) ~ 14% do MOS é pirogênico (carvão vegetal) em solos da  
Amazônia

Jantalia et al. (2007) até 40% do C em solos de Cerrado stricto sensu pode ser de  
origem pirogênica - *carbono refratário derivado de carvão vegetal*

Roscoe et al. (2003) Proporção significativa da fração leve livre e ocluda da MOS em  
solos do Cerrado é derivada de carvão vegetal



Ministério da  
Agricultura, Pecuária  
e Abastecimento



# Em ambiente controlado

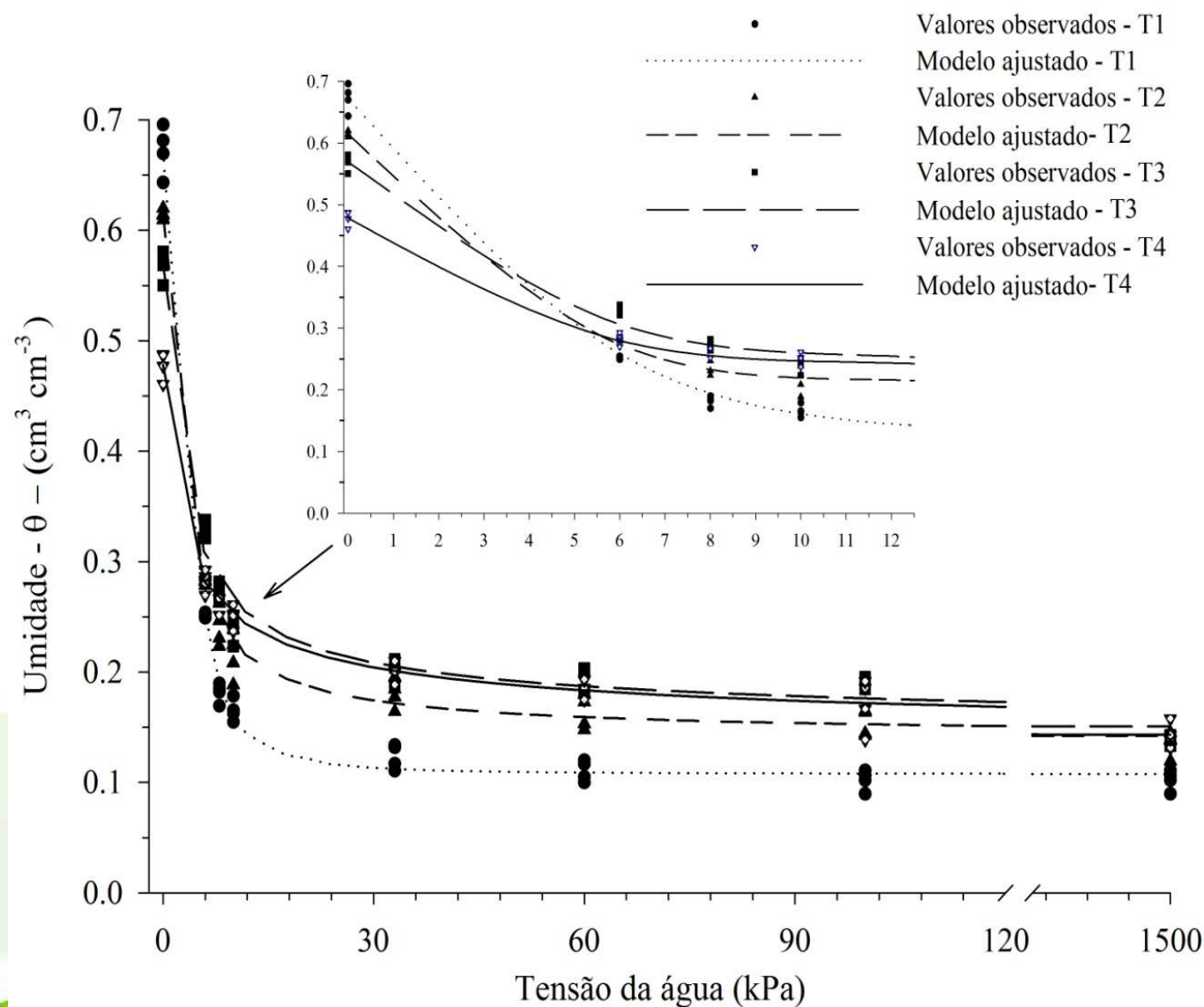
- Propriedades físicas do solo
- Propriedades químicas do solo
- Produção de biomassa vegetal e produtividade



# Propriedades físicas do solo



## Curva de retenção de areia ajustado pelo modelo de van Genuchten obtida para diferentes doses de carvão vegetal (0, 6, 12 e 24% [m/m])



Fonte: Pereira et al. (2012)

PEQUITA AGRICULTURA, VITICULTURA E OLEICULTURA

Embrapa

Ministério da  
Agricultura, Pecuária  
e Abastecimento

BRASIL  
PAÍS RICO É PAÍS SEM POBREZA

## Resultados médios das características físicas da areia nos diferentes tratamentos e tensões

| Tensão<br>(kPa) | Tratamentos com biocarvão |         |        |        | Teste F | C.V.(%) |
|-----------------|---------------------------|---------|--------|--------|---------|---------|
|                 | 0%                        | 6%      | 12%    | 24%    |         |         |
| AD              | 0,75c                     | 3,44b   | 5,89a  | 5,18a  | *       | 16,79   |
| AG              | 56,57a                    | 44,24b  | 36,33c | 27,33d | *       | 3,74    |
| DS              | 1,52a                     | 1,31b   | 1,17c  | 0,85d  | *       | 1,46    |
| Micro P         | 25,54c                    | 27,39bc | 30,57a | 28,19b | *       | 3,40    |
| Macro P         | 17,63c                    | 19,02bc | 20,88b | 27,99a | *       | 5,54    |
| P Total         | 43,16d                    | 46,41c  | 51,45b | 56,18a | *       | 1,41    |

\* significativo a 1%; C.V. coeficiente de variação; médias com letras iguais nas linhas não diferiram entre si pelo teste de Tukey a 5% de significância; AD- água disponível%; AG- água gravitacional %; DS- Densidade aparente; Micro P- microporosidade; Macro P- macroporosidade; P total- porosidade total.

Fonte: Pereira et al., 2012, Pesq. Bras. Agrop. 47:716-721.



Ministério da  
Agricultura, Pecuária  
e Abastecimento



# Propriedades químicas do solo



## Composição elementar (valores totais) de carvões

*pl: pirólise lenta; pr: pirólise rápida*

|                                               | Cerrado pl | Eu pl  | Cana pr | Eu pr  |
|-----------------------------------------------|------------|--------|---------|--------|
| Nitrogênio total (N)                          | 6,6        | 3,3    | 9,5     | 3,6    |
| Fósforo (P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> total) | 1,0        | 1,0    | 1,2     | 1,0    |
| K <sub>2</sub> O                              | 3,3        | 8,0    | 10,0    | 3,0    |
| CaO                                           | 5,7        | 16,0   | 13,0    | 3,2    |
| MgO                                           | 1,1        | 2,8    | 4,2     | 1,0    |
| Enxofre (S)                                   | 0,4        | 1,0    | 1,5     | 1,2    |
| Cobre (Cu)                                    | 7,0        | 10,0   | 10,0    | 10,0   |
| Ferro (Fe)                                    | 6150,0     | 7200,0 | 15000,0 | 1900,0 |
| Manganês (Mn)                                 | 194,0      | 240,0  | 400,0   | 130,0  |
| Zinco (Zn)                                    | 13,0       | 20,0   | 40,0    | 10,0   |
| Molibdênio (Mo)                               | 2,0        | 10,0   | 10,0    | 10,0   |
| Cobalto (Co)                                  | 1,0        | 10,0   | 10,0    | 10,0   |
| Boro (B)                                      | 5,0        | 20,0   | 10,0    | 10,0   |
| Carbono oxidável                              |            | 59,7   | 32,5    | 42,0   |
| Carbono total (C)                             | 490,6      | 773,8  | 504,7   | 910,0  |
| Umidade                                       | 50,0       | 75,0   | 60,0    | 40,0   |
| Relação C:N                                   | 86,7       | 273,6  | 62,0    | 295,0  |
| pH                                            |            | 9,4    | 9,0     |        |



**Embrapa**

Ministério da  
Agricultura, Pecuária  
e Abastecimento

GOVERNO FEDERAL  
**BRASIL**  
PAÍS RICO É PAÍS SEM POBREZA

## Aplicação de biocarvão (0, 6, 12, 24% m/m) em areia

| Parâmetros         | Equação                            | R <sup>2</sup> |
|--------------------|------------------------------------|----------------|
| pH <sub>água</sub> | $y = 6,0309 + 0,2458x - 0,0071x^2$ | 0,92           |
| Ca                 | $y = 7,94 + 0,6248x$               | 0,93           |
| Mg                 | $y = 2,46 + 0,1871x$               | 0,95           |
| P                  | $y = 6,26 + 1,6062x$               | 0,99           |
| K                  | $y = 89,3 + 29,129x$               | 0,96           |
| M.O.               | $y = 1,18 + 0,6733x$               | 0,98           |

\*M.O. – matéria orgânica (determinado via oxidação com dicromato de potássio, método Walkley-Black modificado - Embrapa 1997)

Origem dos dados: Pereira et al. (2012) Pesq. Agropec. Bras., 47:716-721.



Ministério da  
Agricultura, Pecuária  
e Abastecimento



Propriedades químicas e de fertilidade do solo sem e com incorporação de carvão vegetal de eucalipto (1-2% m/m) 28 dias após aplicação (Latossolo Vermelho argiloso)

| Tratament.       | pH <sub>H2O</sub> | Ca                                            | Mg    | Al    | H+Al  | P                               | K      | Cu    | Zn                             | Fe     | Mn     | M.O.   |
|------------------|-------------------|-----------------------------------------------|-------|-------|-------|---------------------------------|--------|-------|--------------------------------|--------|--------|--------|
|                  |                   | -----cmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup> ----- |       |       |       | ----- mg dm <sup>-3</sup> ----- |        |       | ----- g dm <sup>-3</sup> ----- |        |        |        |
| Solo             | 5,17a             | 1,35a                                         | 0,50a | 0,20a | 6,19a | 10,73b                          | 42,67b | 0,70a | 1,33a                          | 39,67a | 20,67a | 20,00a |
| Solo +<br>Carvão | 5,30a             | 1,47a                                         | 0,51a | 0,13a | 5,68b | 18,63a                          | 86,00a | 0,70a | 1,60a                          | 44,33a | 21,33a | 20,33a |
| F                | 2,29              | 1,60                                          | 0,53  | 4,00  | 8,38  | 17,07                           | 96,57  | 0,00  | 6,40                           | 0,60   | 0,15   | 1,00   |

M.O.: Matéria orgânica; F: Valor F da teste de variância. As médias assinaladas pela mesma letra não diferem ao nível de 5% pelo teste de Tukey.

Fonte: Madari et al. (2006)



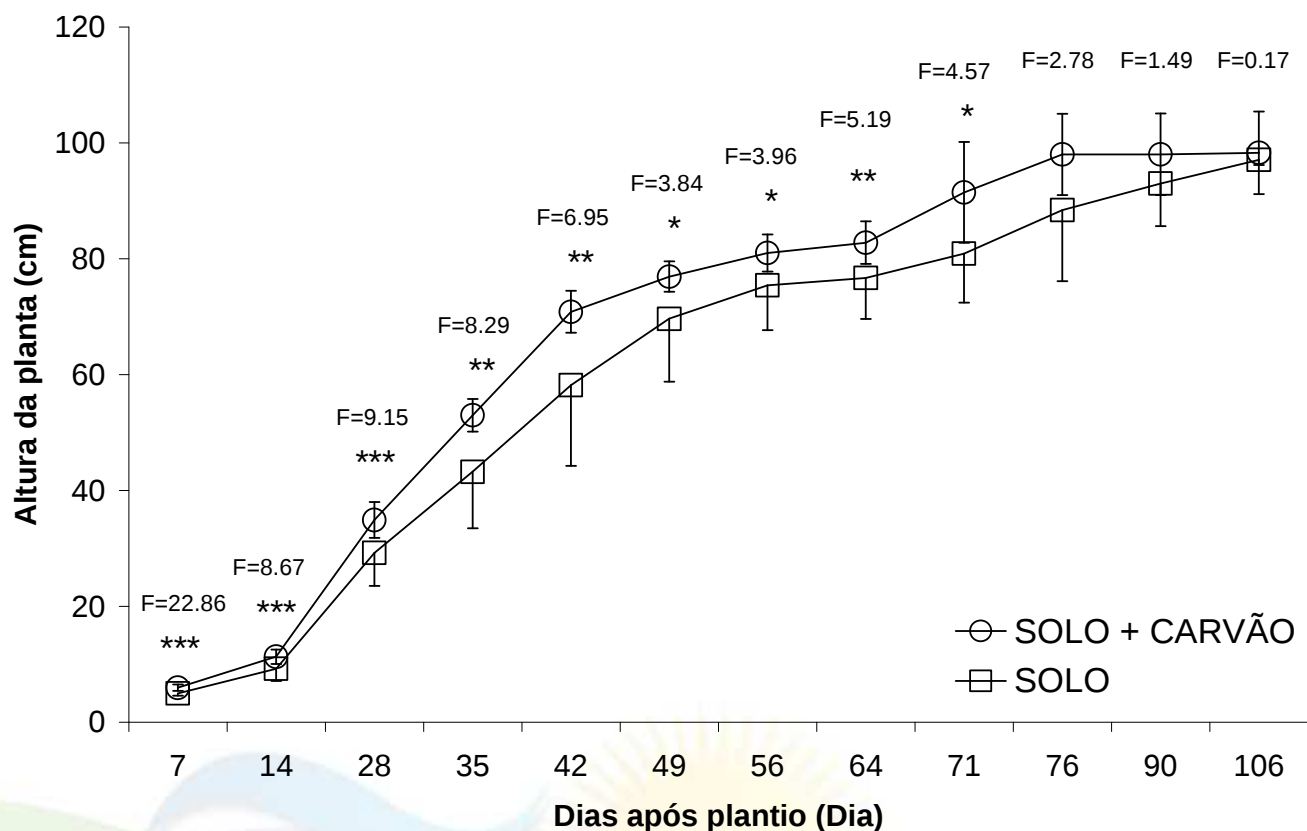
Ministério da  
Agricultura, Pecuária  
e Abastecimento



# Produtividade e produção de biomassa



## Crescimento da planta do arroz de terras altas com e sem carvão vegetal♦



As barras de erro são desvio padrão. F: Valor da teste F de variância. \*\*\*:  $p \leq 0,01$ ; \*\*:  $p \leq 0,05$ ; \*:  $p \leq 0,1$  pelo teste de Tukey

♦ Carvão de eucalipto incorporado ao solo (1-2% m/m)

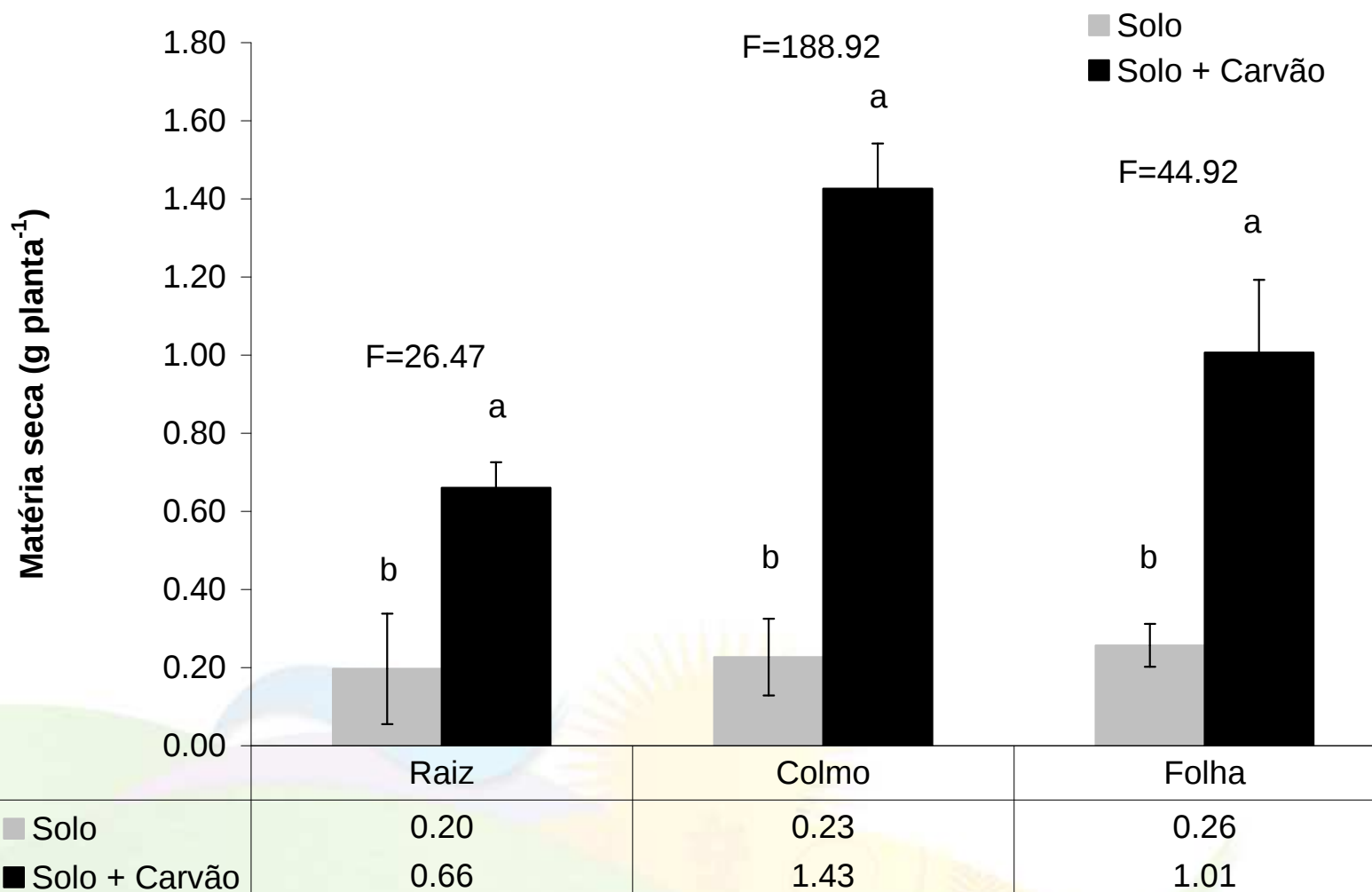
Fonte: Madari et al. (2006)



Ministério da  
Agricultura, Pecuária  
e Abastecimento



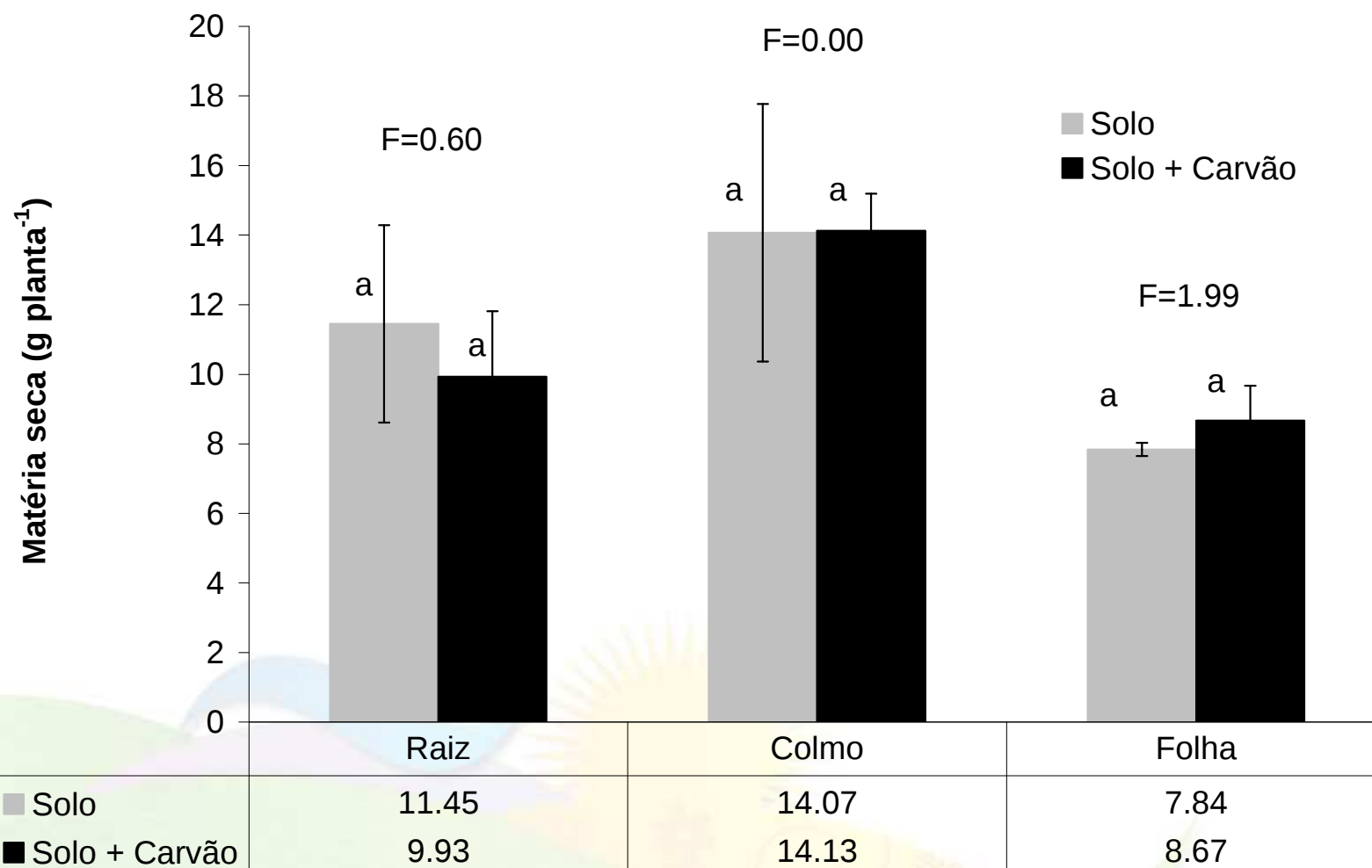
Matéria seca do sistema radicular, colmo e folhas das plantas de arroz nos tratamentos sem e com incorporação de carvão ao solo. Fase 1 da avaliação (28 dias após plantio)



Comparação de médias foi feito pelo teste de Tukey,  $p \leq 0,01$ . F: Valor F da análise de variância.

Fonte: Madari et al. (2006)

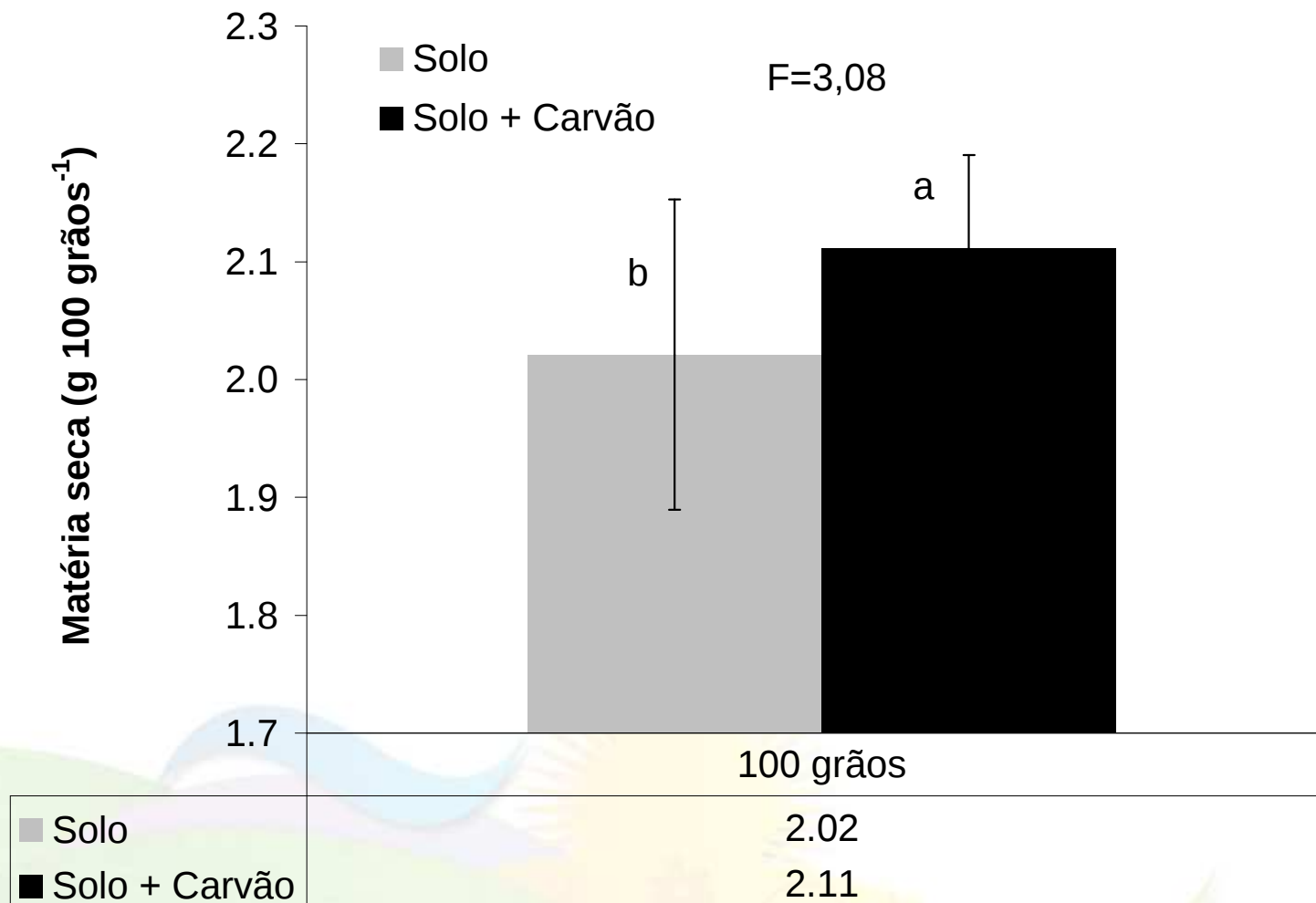
Matéria seca do sistema radicular, colmo e folhas das plantas de arroz nos tratamentos sem e com incorporação de carvão ao solo. Fase 2 da avaliação (64 dias após plantio)



Comparação de médias foi feito pelo teste de Tukey,  $p \leq 0,01$ . F: Valor F da análise de variância.

Fonte: Madari et al. (2006)

## Matéria seca de 100 grãos do arroz nos tratamentos sem e com incorporação de carvão ao solo



Comparação de médias foi feito pelo teste de Tukey,  $p \leq 0,01$ . F: Valor F da análise de variância.

Fonte: Madari et al. (2006)



Ministério da  
Agricultura, Pecuária  
e Abastecimento

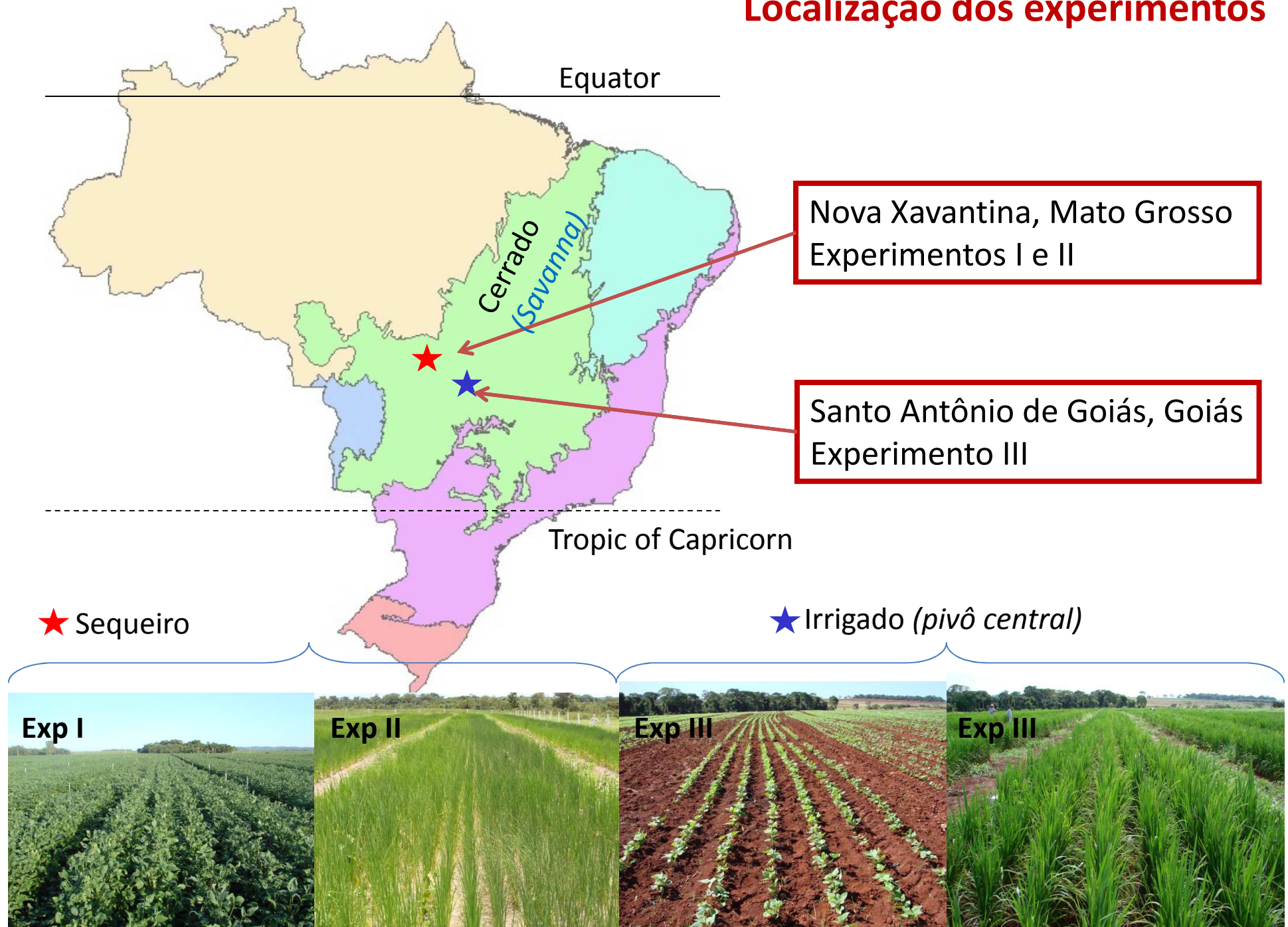


# Em experimento em campo

- Propriedades físicas do solo
- Propriedades químicas do solo
- Produtividade



## Localização dos experimentos



# Plintossolo Háplico, SiBCS

*Inceptisol (plinthic), Soil Taxonomy*

*Dystric Plinthosol, WRB*

Textura: **Franco Arenoso**

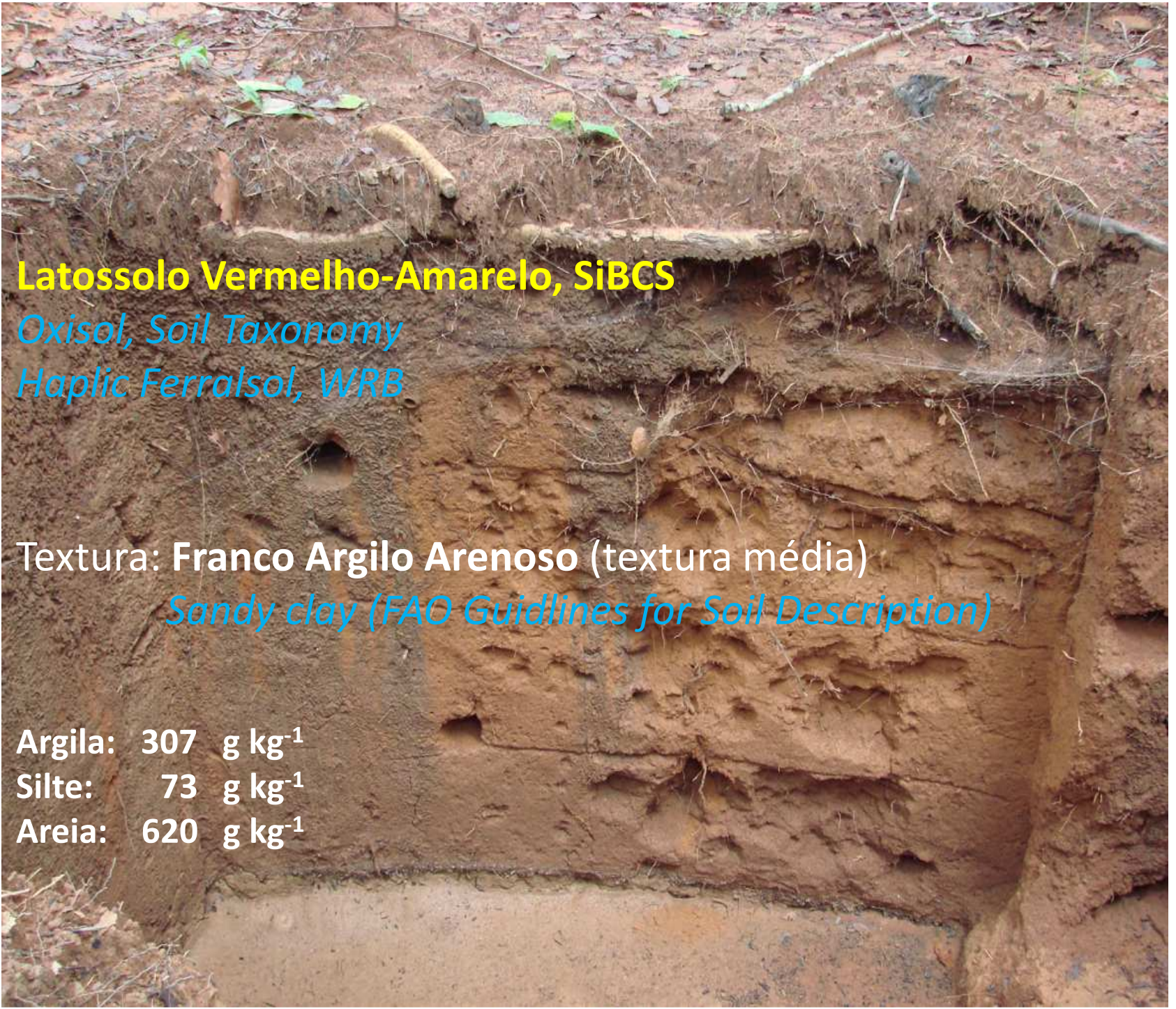
*Sandy loam (FAO Guidelines  
for Soil Description)*

Argila: 170 g kg<sup>-1</sup>

Silte: 67 g kg<sup>-1</sup>

Areia: 763 g kg<sup>-1</sup>





## Latossolo Vermelho-Amarelo, SiBCS

*Oxisol, Soil Taxonomy*

*Haplic Ferralsol, WRB*

Textura: **Franco Argilo Arenoso** (textura média)

*Sandy clay (FAO Guidelines for Soil Description)*

Argila: 307 g kg<sup>-1</sup>

Silte: 73 g kg<sup>-1</sup>

Areia: 620 g kg<sup>-1</sup>

# Latossolo Vermelho, SiBCS

*Oxisol, Soil Taxonomy*

*Rhodic Ferralsol, WRB*

Textura: **Argila**

*Clay (FAO Guidelines for  
Soil Description)*

Argila: 515 g kg<sup>-1</sup>

Silte: 87 g kg<sup>-1</sup>

Areia: 398 g kg<sup>-1</sup>



## Propriedades químicas dos solos estudados

| Solo                              | pH   | P<br>mg dm <sup>-3</sup> | K<br>mg dm <sup>-3</sup> | Ca   | Mg<br>cmolc dm <sup>-3</sup> | Al<br>cmolc dm <sup>-3</sup> | H+Al | V<br>% | CTC (T)<br>cmolc dm <sup>-3</sup> |
|-----------------------------------|------|--------------------------|--------------------------|------|------------------------------|------------------------------|------|--------|-----------------------------------|
| Plintossolo<br>Háplico            | 5.60 | 4.90                     | 110.00                   | 0.75 | 0.67                         | 0.15                         | 2.35 | 41.00  | 4.05                              |
| Latossolo<br>Vermelho-<br>Amarelo | 5.60 | 6.70                     | 61.50                    | 1.40 | 0.40                         | 0.13                         | 4.98 | 27.00  | 6.93                              |
| Latossolo<br>Vermelho             | 5.13 | 10.43                    | 94.00                    | 1.59 | 0.58                         | 0.17                         | 4.82 | 33.34  | 7.23                              |

| Solo                              | M.O.<br>g dm <sup>-3</sup> | Fe    | Mn<br>mg dm <sup>-3</sup> | Zn    | Cu   | Areia  | Silte<br>g kg <sup>-1</sup> | Argila |
|-----------------------------------|----------------------------|-------|---------------------------|-------|------|--------|-----------------------------|--------|
| Plintossolo<br>Háplico            | 12.20                      | 39.60 | 22.00                     | 9.26  | 0.57 | 763.00 | 67.00                       | 170.00 |
| Latossolo<br>Vermelho-<br>Amarelo | 12.60                      | 75.00 | 49.00                     | 45.00 | 1.70 | 620.00 | 73.00                       | 307.00 |
| Latossolo<br>Vermelho             | 20.00                      | 60.33 | 9.67                      | 11.43 | 1.80 | 340.00 | 110.00                      | 550.00 |



Ministério da  
Agricultura, Pecuária  
e Abastecimento



# Delineamento dos experimentos em campo

|          |          |          |          |          |           |
|----------|----------|----------|----------|----------|-----------|
| 80<br>8  | 85<br>16 | 90<br>0  | 95<br>16 | 100<br>0 | Block IV  |
| 79<br>16 | 84<br>8  | 89<br>8  | 94<br>0  | 99<br>16 |           |
| 78<br>2  | 83<br>2  | 88<br>4  | 93<br>2  | 98<br>4  |           |
| 77<br>4  | 82<br>4  | 87<br>16 | 92<br>8  | 97<br>6  |           |
| 76<br>0  | 81<br>0  | 86<br>2  | 91<br>4  | 96<br>8  |           |
| 65<br>0  | 60<br>16 | 55<br>2  | 70<br>8  | 75<br>8  | Block III |
| 64<br>16 | 59<br>8  | 63<br>0  | 68<br>4  | 74<br>16 |           |
| 63<br>8  | 58<br>2  | 63<br>4  | 68<br>0  | 73<br>0  |           |
| 62<br>2  | 57<br>0  | 62<br>8  | 67<br>2  | 72<br>2  |           |
| 61<br>4  | 56<br>4  | 61<br>16 | 66<br>16 | 71<br>4  |           |
| 80<br>8  | 85<br>16 | 90<br>16 | 95<br>4  | 100<br>8 | Block II  |
| 79<br>0  | 84<br>2  | 89<br>0  | 94<br>16 | 99<br>2  |           |
| 78<br>2  | 83<br>0  | 88<br>2  | 93<br>0  | 98<br>16 |           |
| 77<br>4  | 82<br>8  | 87<br>4  | 92<br>8  | 97<br>4  |           |
| 76<br>16 | 81<br>4  | 86<br>8  | 91<br>2  | 96<br>0  |           |
| 5<br>0   | 10<br>16 | 15<br>2  | 20<br>2  | 25<br>4  | Block I   |
| 4<br>16  | 9<br>0   | 14<br>8  | 19<br>0  | 24<br>8  |           |
| 3<br>4   | 8<br>2   | 13<br>0  | 18<br>4  | 23<br>2  |           |
| 2<br>8   | 7<br>8   | 12<br>4  | 17<br>16 | 22<br>16 |           |
| 1<br>2   | 6<br>4   | 11<br>16 | 16<br>8  | 21<br>0  |           |
| 0 Kg     | 100 Kg   | 200 Kg   | 300 Kg   | 400 Kg   | Road      |

o Biocarvão: 0, 2, 4, 8, 16, 32 Mg ha<sup>-1</sup> aplicado uma única vez; eucalipto e cerrado

o NPK (arroz) ou PK (soja): 0, 100, 200, 300, 400 kg ha<sup>-1</sup> aplicado anualmente

o Plantas: arroz de terras altas, soja

o Statistical model: linear mixed model



**Embrapa**

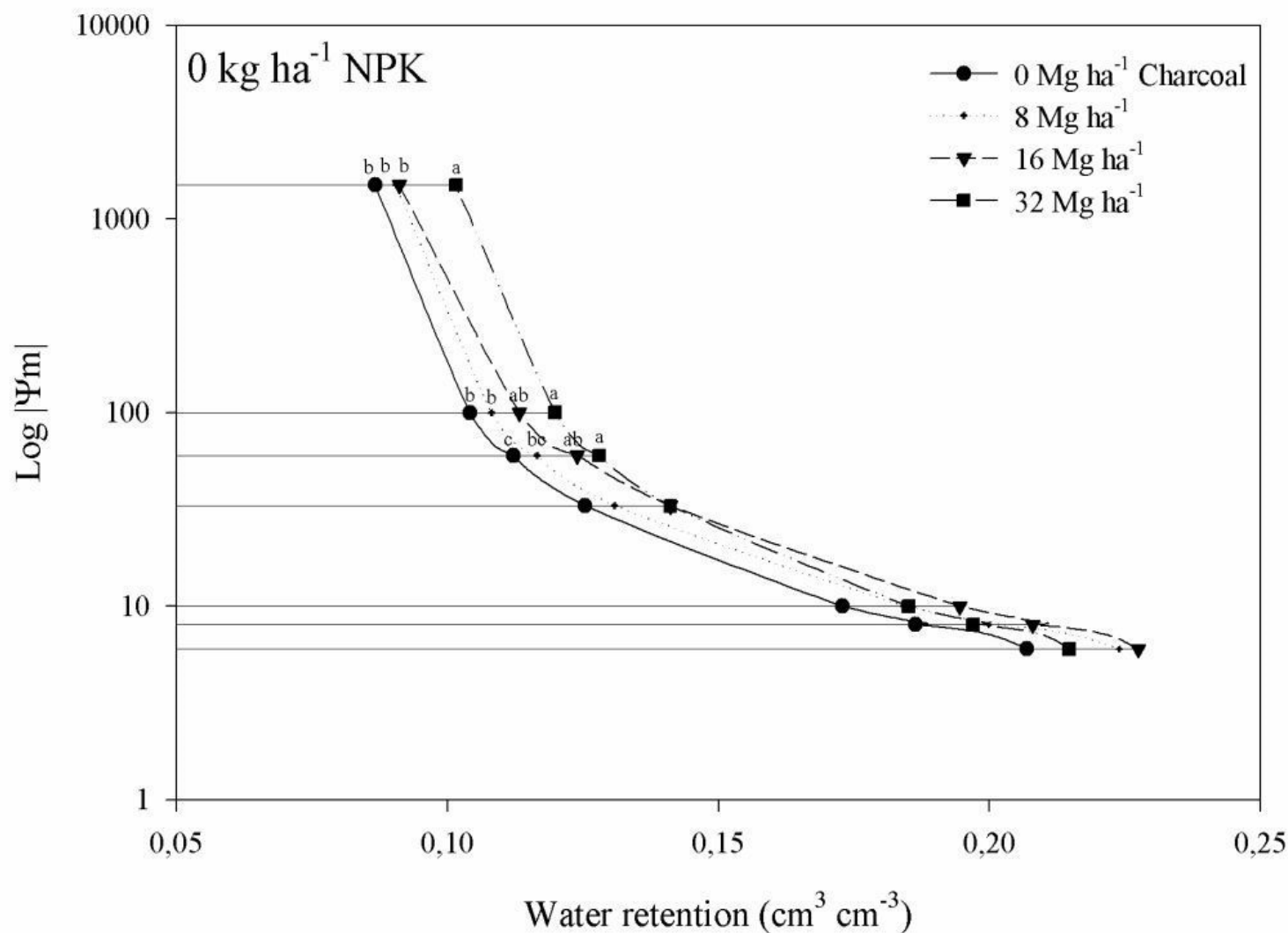
Ministério da  
Agricultura, Pecuária  
e Abastecimento

GOVERNO FEDERAL  
**BRASIL**  
PAÍS RICO É PAÍS SEM POBREZA

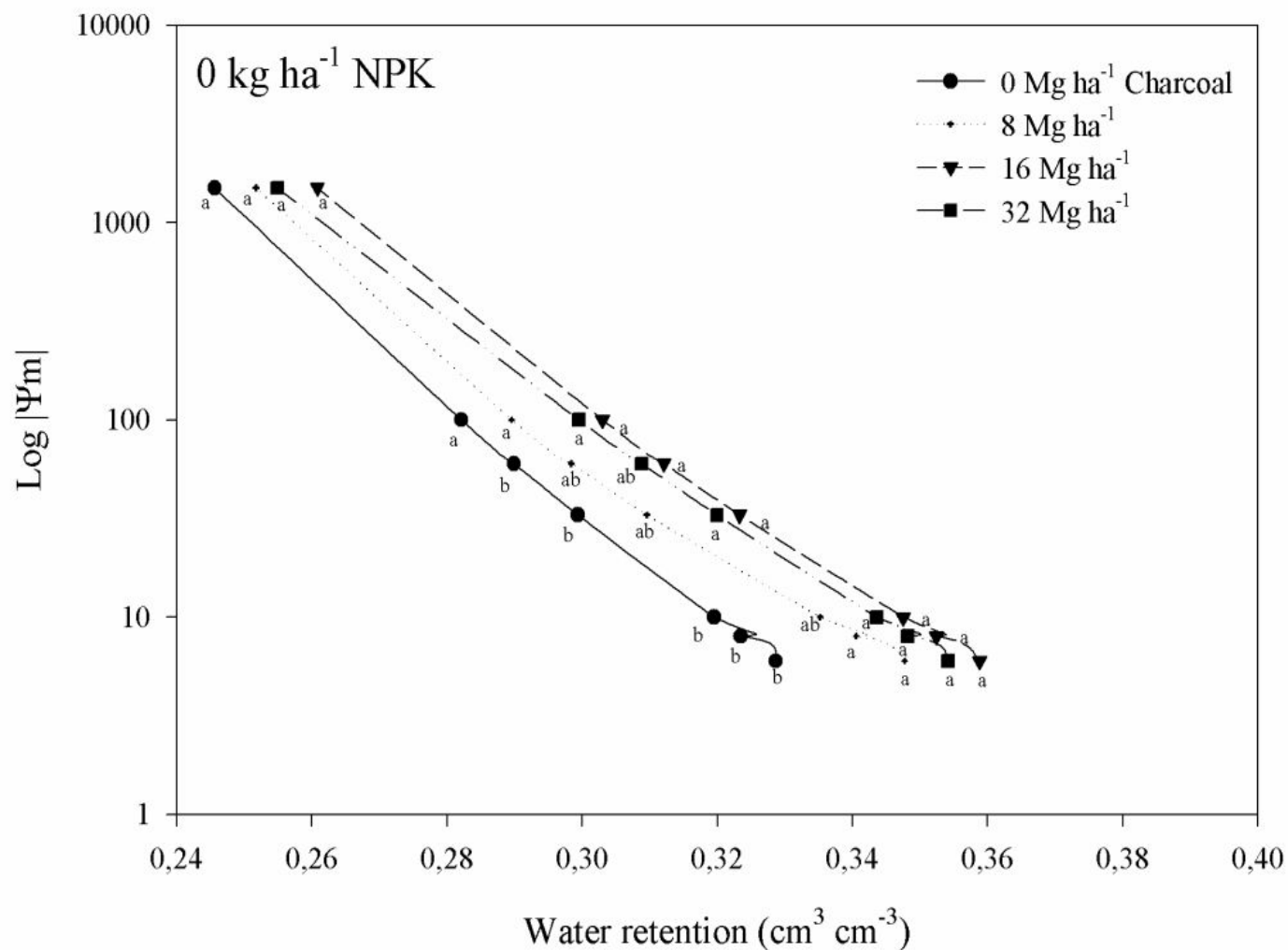
# Propriedades físicas do solo



## Retenção de água afetado por diferentes doses de carvão vegetal de eucalipto num solo franco arenoso (Plintossolo) em Nova Xavantina, MT



## Retenção de água afetado por diferentes doses de carvão vegetal de eucalipto num solo argiloso (Latossolo Vermelho) em Sto. Antônio de Goiás, GO

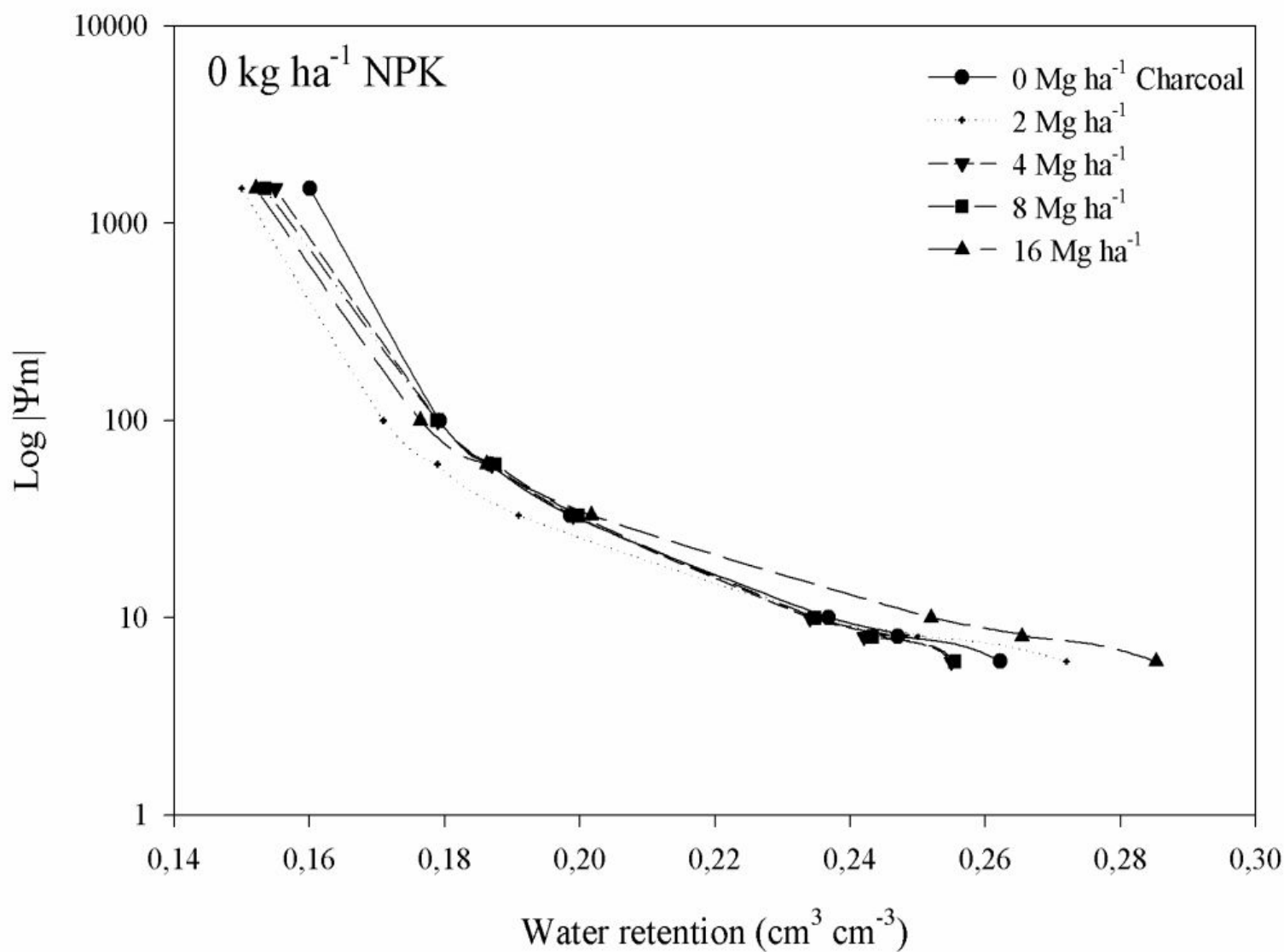


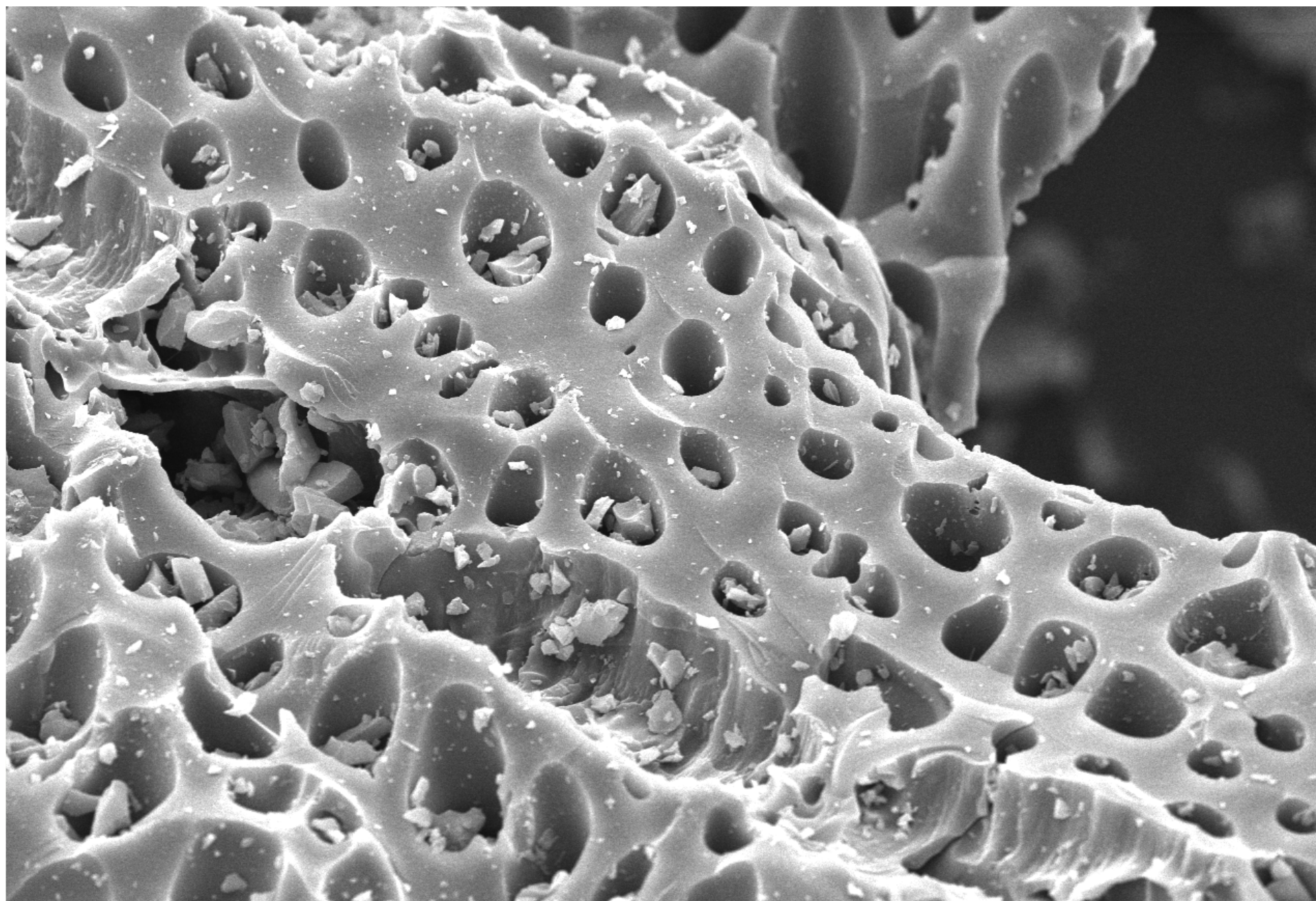
**Embrapa**

Ministério da  
Agricultura, Pecuária  
e Abastecimento

GOVERNO FEDERAL  
**BRASIL**  
PAÍS RICO É PAÍS SEM POBREZA

Retenção de água afetado por diferentes doses de carvão vegetal de eucalipto num solo franco argilo arenoso (textura média, Latossolo Vermelho-Amarelo) em Nova Xavantina, MT, 1º ano após aplicação do carvão vegetal ao solo





SEI 10kV  
DF1

x1,500

10 $\mu$ m



# Propriedades químicas do solo



## Propriedades químicas afetados por diferentes doses de carvão vegetal de eucalipto num solo franco arenoso (Plintossolo) em Nova Xavantina, MT

1º ano após a aplicação do biocarvão

| Parâmetro          | Equação                                                    | R <sup>2</sup> |
|--------------------|------------------------------------------------------------|----------------|
| pH <sub>água</sub> | $5,77+0,01C^*$                                             | 0,48           |
| Ca                 | $0,75+0,009C^*$                                            | 0,41           |
| Mg                 | $0,069-0,0004N-0,01C+0,0000007N^2+0,00005C^2+0,000006NC$   | 0,14           |
| Al                 | $0,16-0,0006N^*-0,006C^*+0,000001N^2+0,0001C^2+0,000004NC$ | 0,40           |
| H+Al               | $2,38+0,00002N-0,02C^*-0,000003N^2+0,0002C^2^*+0,00001NC$  | 0,42           |
| P                  | $6,45+0,09C^*$                                             | 0,13           |
| K                  | $105.59-0,18N^*+0,86C+0,0007N^2^*+0,01C^2-0,001NC$         | 0,40           |
| COT                | $1,22+0,00004N-0,06C-0,000002N^2+0.003C^2^*+0,0002NC^*$    | 0,47           |
| M.O.               | $14.05+0,004N+0,002C-0,00001N^2^*+0,0002C^2+0,00002NC$     | 0,14           |

\*\*\*  $p \leq 0.01$ , \*\*  $0.01 < p \leq 0.05$ , \*  $0.05 < p \leq 0.10$

Fonte: Petter et al., 2012, Pesq. Bras. Agrop. 47:699-706.



**Embrapa**

Ministério da  
Agricultura, Pecuária  
e Abastecimento

GOVERNO FEDERAL  
**BRASIL**  
PAÍS RICO É PAÍS SEM POBREZA

## Propriedades químicas afetados por diferentes doses de carvão vegetal de eucalipto num solo franco arenoso (Plintossolo) em Nova Xavantina, MT

2º ano após a aplicação do biocarvão

| Parâmetro          | Equação                                                    | R <sup>2</sup> |
|--------------------|------------------------------------------------------------|----------------|
| pH <sub>água</sub> | $5,19+0,001N^*+0,003C-0,000001N^2+0,00001C^2+0,00000009NC$ | 0,36           |
| Ca                 | $6.92+0,009N-0,06C-0,00003N^2+0,003C^2+0,0002NC$           | 0,35           |
| Mg                 | $5,80+0,006N-0,05C-0.00001N^2+0,002C^2+0,0002NC$           | 0,36           |
| Al                 | $2,35+0,0004N-0,008C+0,000002N^2+0,0002C^2+0,00009NC$      | 0,09           |
| H+Al               | $2,59-0,05C$                                               | 0,02           |
| P                  | $7,75+0,05N^*+0,14C-0,00006N^2-0,004C^2+0,0003NC$          | 0,59           |
| K                  | $91,3+0,42C$                                               | 0,05           |
| <b>COT</b>         | $1,01+0,002N+0,05C^*-0,000003N^2-0.0005C^2^*-0,00009NC^*$  | 0,40           |
| <b>M.O.</b>        | $7,97+0,01N^*-0,09C^*-0,00003N^2^*+0,003C^2^*+0,000004NC$  | 0,38           |

\*\*\*  $p \leq 0.01$ , \*\*  $0.01 < p \leq 0.05$ , \*  $0.05 < p \leq 0.10$

Fonte: Petter et al., 2012, Pesq. Bras. Agrop. 47:699-706.



Ministério da  
Agricultura, Pecuária  
e Abastecimento



# Propriedades químicas afetados por diferentes doses de carvão vegetal de eucalipto num solo argiloso (Latosolo Vermelho) em Santo Antônio de Goiás, GO

1º ano após a aplicação do biocarvão

| Parâmetro                                           | Equação                                                 | R <sup>2</sup> |
|-----------------------------------------------------|---------------------------------------------------------|----------------|
| pH <sub>água</sub>                                  | 5,06-0,00312N <sup>**</sup> +0,005716C <sup>**</sup>    | 0,70           |
| Ca                                                  | 10,09-0,04146N <sup>*</sup> +0,0879C <sup>**</sup>      | 0,60           |
| Mg                                                  | 3.26-0,01213N+0,02292C <sup>*</sup>                     | 0,61           |
| Al                                                  | 3,4+0,01561N <sup>*</sup> -0,04703C <sup>**</sup>       | 0,67           |
| H+Al                                                | 6.049+0,08N <sup>*</sup> +0,31C-0,013C <sup>2*</sup>    | 0,66           |
| P                                                   | 32,64-0,439N <sup>**</sup> +0,0059N <sup>2***</sup>     | 0,49           |
| K                                                   | 59,37-0,10N+1,37C <sup>***</sup> -0,013NC <sup>**</sup> | 0,78           |
| M.O.                                                | 15,56+0,0089N <sup>*</sup>                              | 0,15           |
| CTC                                                 | 18.47-0,045N <sup>*</sup> +0,084C <sup>*</sup>          | 0,53           |
| NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> (mg kg <sup>-1</sup> ) | 16.83+0,063N <sup>***</sup>                             | 0,67           |
| NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> (mg kg <sup>-1</sup> ) | 43.85+0,3357N <sup>***</sup> +0,5C <sup>***</sup>       | 0,91           |

\*\*\*  $p \leq 0.01$ , \*\*  $0.01 < p \leq 0.05$ , \*  $0.05 < p \leq 0.10$



**Embrapa**

Ministério da  
Agricultura, Pecuária  
e Abastecimento

GOVERNO FEDERAL  
**BRASIL**  
PAÍS RICO É PAÍS SEM POBREZA

# Produtividade



Produtividade (kg ha<sup>-1</sup>) de arroz de terras altas afetada por diferentes doses de carvão vegetal de eucalipto num solo franco arenoso (Plintossolo) em Nova Xavantina, MT

| Produtividade (kg ha <sup>-1</sup> ) | Equação                                                               | R <sup>2</sup> |
|--------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------|----------------|
| <b>2008/2009</b>                     | 418,46+0,51N*+22,14C*-0,23C <sup>2</sup> *+0,02NC                     | 0,85           |
| <b>2009/2010</b>                     | 465,41+0,37N+16,38C*-0,001N <sup>2</sup> -0,07C <sup>2</sup> +0,03NC* | 0,86           |
| 2010/2011                            | 952,09+1,98N*-0,008N <sup>2</sup> *                                   | 0,41           |
| 2011/2012                            | 418,26+2,94N*-0,008N <sup>2</sup>                                     | 0,54           |

\*\*\*  $p \leq 0.01$ , \*\*  $0.01 < p \leq 0.05$ , \*  $0.05 < p \leq 0.10$



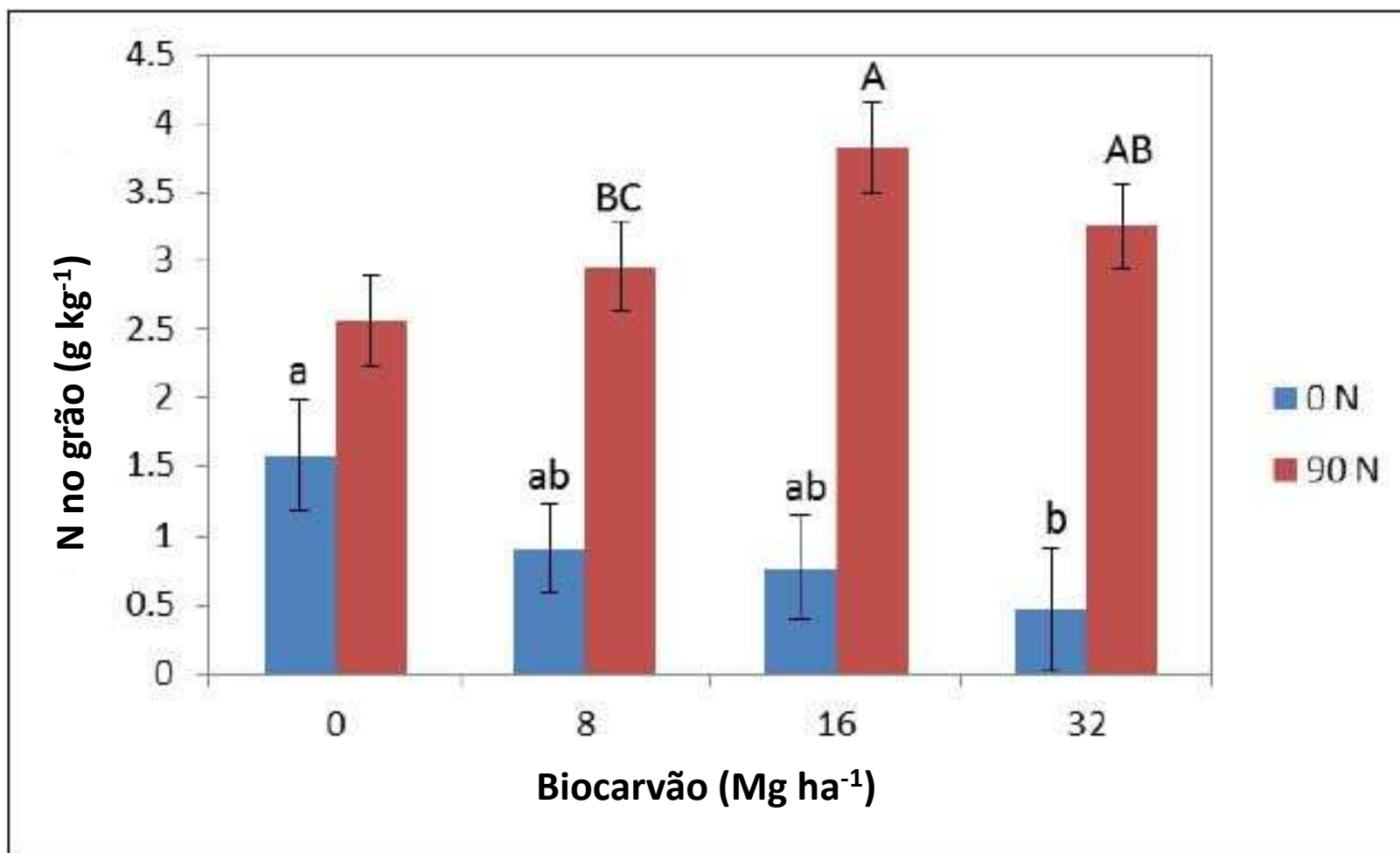
Produtividade (Mg ha<sup>-1</sup>) de arroz de terras altas afetada por diferentes doses de carvão vegetal de eucalipto num solo argiloso (Latossolo Vermelho) em Santo Antônio de Goiás, GO

| Produtividade (Mg ha <sup>-1</sup> ) | Equação                                                 | R <sup>2</sup> |
|--------------------------------------|---------------------------------------------------------|----------------|
| 2009/2010                            | $2,07 + 0,037N^{**} - 0.00036N^{2**}$                   | 0,40           |
| 2010/2011                            | $0,78 - 0,0067C^{*} + 0.0051N^{**}$                     | 0,56           |
| 2011/2012                            | $0,73 - 0,0173C^{**} + 0,0099N^{***} + 0,00034CN^{***}$ | 0,86           |
| 2012/2013                            | $2,13 + 0.0096N^{**}$                                   | 0,12           |

\*\*\*  $p \leq 0.01$ , \*\*  $0.01 < p \leq 0.05$ , \*  $0.05 < p \leq 0.10$



Acumulação de N no grão do arroz de terras altas afetada por diferentes doses de carvão vegetal de eucalipto num solo argiloso (Latossolo Vermelho) em Santo Antônio de Goiás, GO (2010/2011)



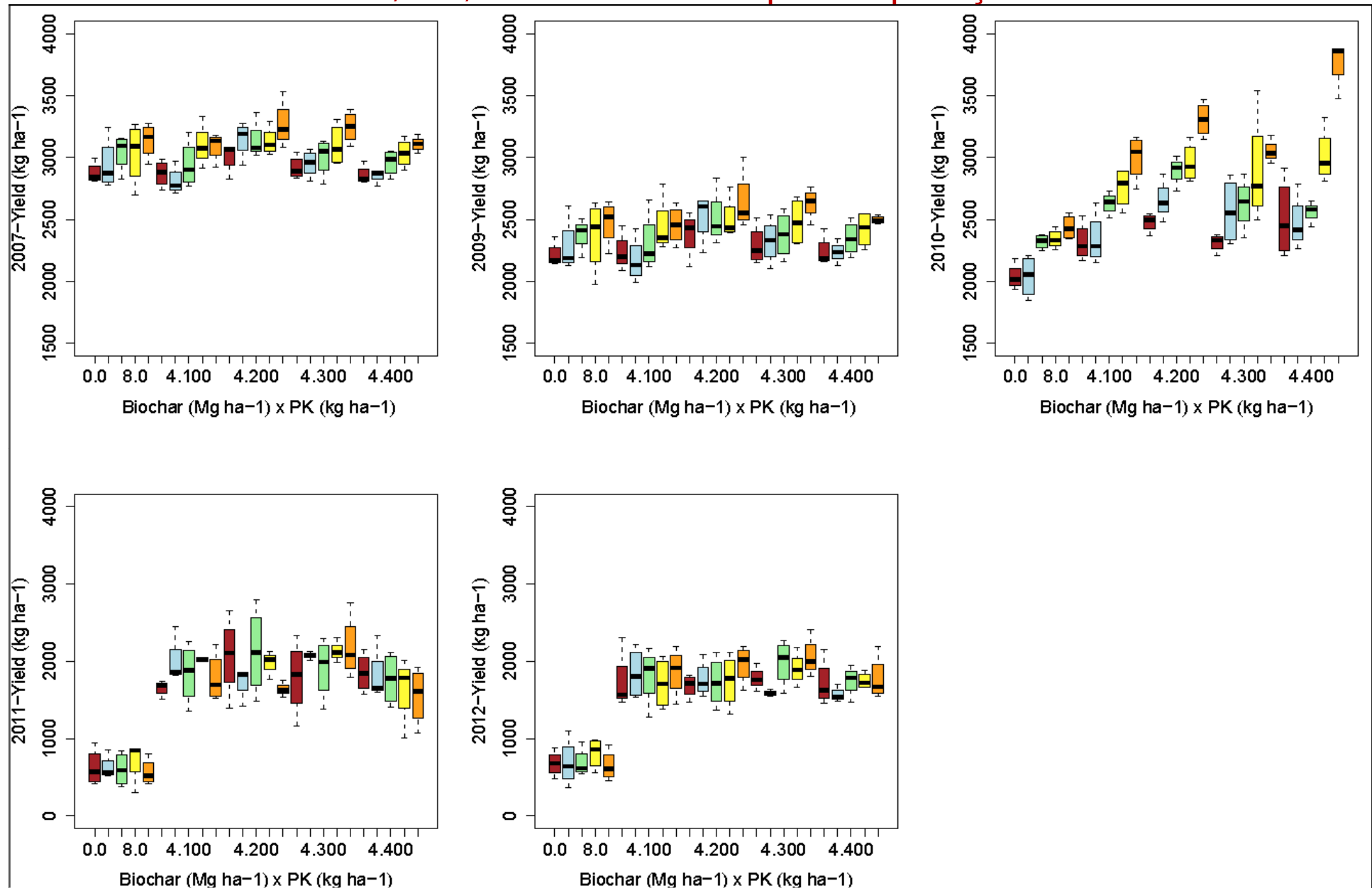
Produtividade (kg ha<sup>-1</sup>) de soja afetada por diferentes doses de carvão vegetal de eucalipto num solo franco argilo arenoso (Latosolo Vermelho Amarelo) em Nova Xavantina, MT

| Produtividade (kg ha <sup>-1</sup> ) | Equação                                                                       | R <sup>2</sup> |
|--------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------|----------------|
| <b>2006/2007</b>                     | 2866,89+0,83PK*+21,86C*-0,002PK <sup>2</sup> *-0,43C <sup>2</sup> +0,004PKC   | 0,98           |
| <b>2008/2009</b>                     | 2206,88+1,05PK*+21,99C*-0,002PK <sup>2</sup> *-0,44C <sup>2</sup> +0,005PKC   | 0,98           |
| <b>2009/2010</b>                     | 2031,38+3,45PK*+60,54C*-0,007PK <sup>2</sup> *-1,95C <sup>2</sup> *+0,083PKC* | 0,98           |
| 2010/2011                            | 733,07+10,70PK*+12,0C-0,02PK <sup>2</sup> *-0,95C <sup>2</sup> +0,001PKC      | 0,58           |
| 2011/2012                            | 808,18+9,04PK*-4,52C-0,02PK <sup>2</sup> *+0,47C <sup>2</sup> +0,02PKC        | 0,94           |

\*\*\*  $p \leq 0.01$ , \*\*  $0.01 < p \leq 0.05$ , \*  $0.05 < p \leq 0.10$

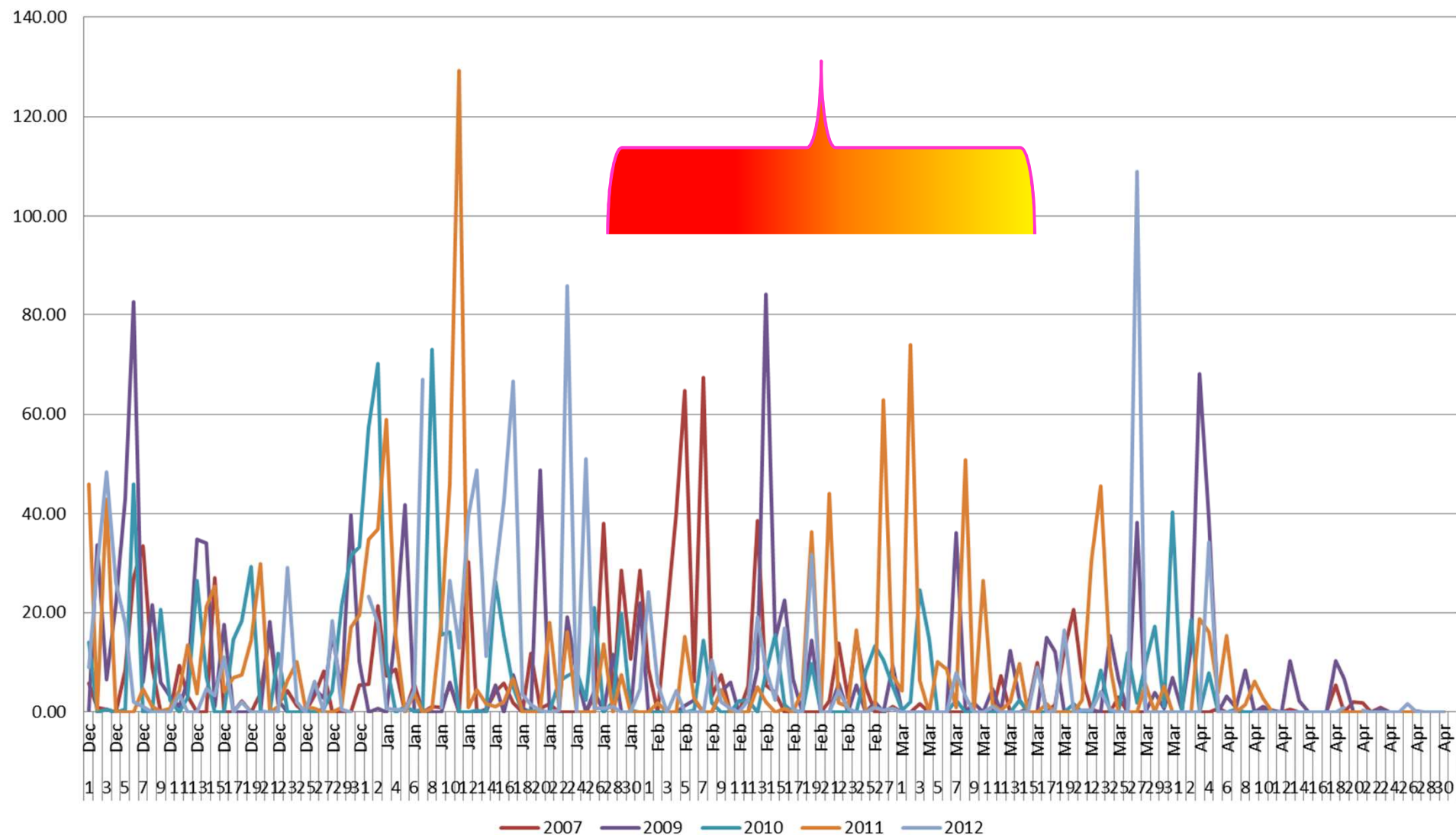


Produtividade (kg ha<sup>-1</sup>) de soja afetada por diferentes doses de carvão vegetal de eucalipto num solo franco argilo arenoso (Latossolo Vermelho Amarelo) em Nova Xavantina, MT, durante 6 anos após a aplicação do biocarvão

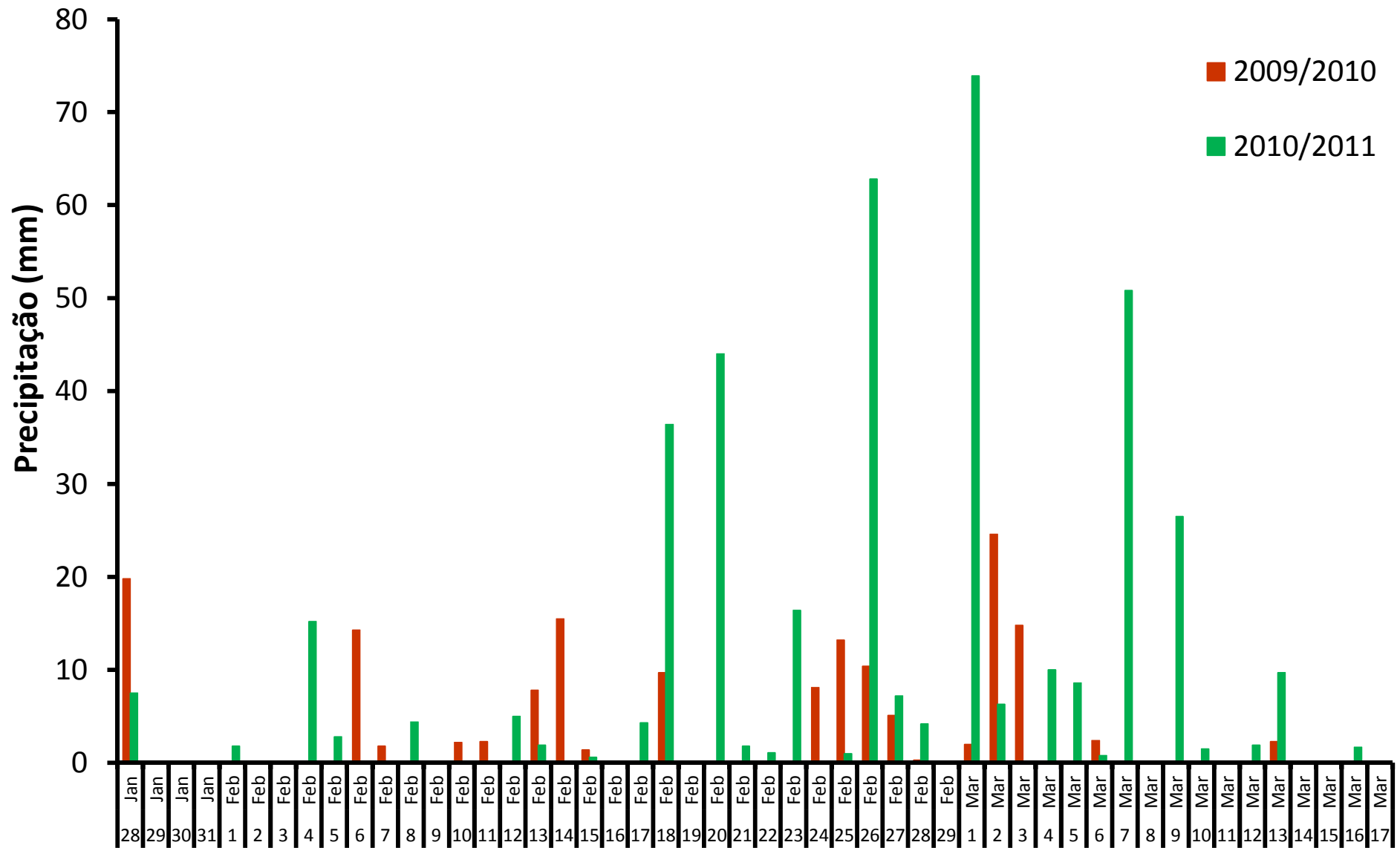


| Precipitação   | 2006/2007 | 2008/2009 | 2009/2010 | 2010/2011 | 2011/2012 |
|----------------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|
| Total da safra | 736,7     | 719,8     | 808,1     | 1090,5    | 888,4     |
| R1-R6          | 400,4     | 293,5     | 158,4     | 410,3     | 160,7     |

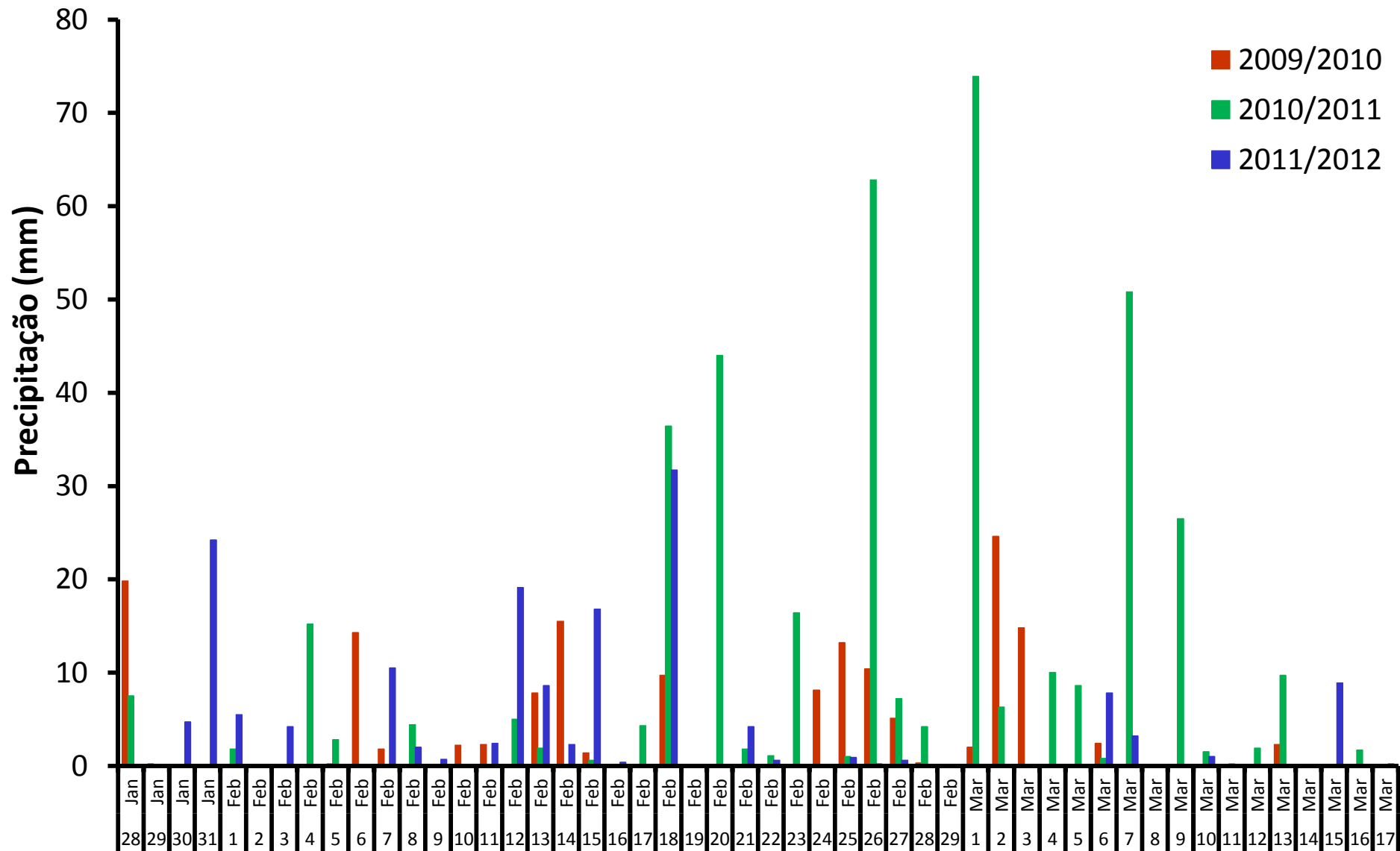
Precipitação (mm)



## Precipitação na R1-R6 (28 de Janeiro a 17 de Março)



## Precipitação na R1-R6 (28 de Janeiro a 17 de Março)



## Água transpirável no solo a diferentes doses de biocarvão

| Biochar Levels*             | 0%     | 6%     | 12%    | 24%    |
|-----------------------------|--------|--------|--------|--------|
| Planting date Jan. 01, 2009 |        |        |        |        |
| TTSW <sup>\$</sup> (g)      | 1350aA | 1800aB | 2300aC | 3400aD |
| Planting date Nov. 04, 2009 |        |        |        |        |
| TTSW (g)                    | 1500aA | 2000aB | 2500aC | 3400aD |

<sup>a</sup> Means followed by the same lowercase letter in column are not significantly different at 5% for Tuckey test; <sup>A</sup> - Means followed by the same capital letter in line are not significantly different at 5% for Tuckey test.

\* Biochar levels: T1=0%; T2=6%, T3=12% and T4=24%;

<sup>\$</sup>TTSW: total transpirable soil water

Fonte: Pereira et al. (2012)



**Embrapa**

Ministério da  
Agricultura, Pecuária  
e Abastecimento

GOVERNO FEDERAL  
**BRASIL**  
PAÍS RICO É PAÍS SEM POBREZA

## O fator $p$ afetado por diferentes níveis (m/m %) de biocarvão

| Biocarvão | Fator $p$ |
|-----------|-----------|
| 0% (T1)♦  | 0.46      |
| 6% (T2)   | 0.54      |
| 12% (T3)  | 0.66      |
| 24% (T4)  | 0.66      |

O fator  $p$  é o fator de depleção definido como a fração de água disponível no solo que pode ser retirada da zona radicular antes de ocorrer a redução da taxa de transpiração.



Ministério da  
Agricultura, Pecuária  
e Abastecimento



# Conclusão

- Efeitos do biocarvão são didáticos em experimentos em condições controladas, entretanto em campo não tudo daquilo pode ser confirmado
- É uma questão prática o tempo de efeito do biocarvão; pode ser imediato ou se manifestar ou mudar com tempo, dependendo também das características do solo, como por exemplo o seu estado nutricional original, do biocarvão e da dose de aplicação, além das condições edafoclimáticas
- Interação no efeito do adubo mineral e carvão vegetal
- Tem potencial para aumentar eficiência agronômica de adubos minerais aplicados ao solo
- Desenvolvimento de adubos a base ou em combinação de biocarvão
- O efeito do biocarvão para a produtividade das plantas no médio prazo provavelmente tem a ver com seu efeito na retenção e disponibilização de água no solo



**Embrapa**

Ministério da  
Agricultura, Pecuária  
e Abastecimento

GOVERNO FEDERAL  
**BRASIL**  
PAÍS RICO É PAÍS SEM POBREZA

## Necessidade para futuros estudos

- Como o carvão vegetal se transforma no solo
- Como o carbono pirogênico influencia a dinâmica da matéria orgânica do solo
- Recomendação para aplicação de fertilizantes minerais (adubos minerais) na presença de biocarvão no solo – conhecimento detalhado do biocarvão – caracterização dos biocarvões para funcionalidade
- Efeito fisiológico para as plantas (etileno? ou facilita a absorção de nutrientes pelas plantas?)
- Impacto no meio ambiente – sequestro de C, emissão de GEE + lixiviação de nutrientes = perda de nutrientes



## Perspectivas de utilização de biomassa carbonizada na agricultura em base do seu efeito agrônômico

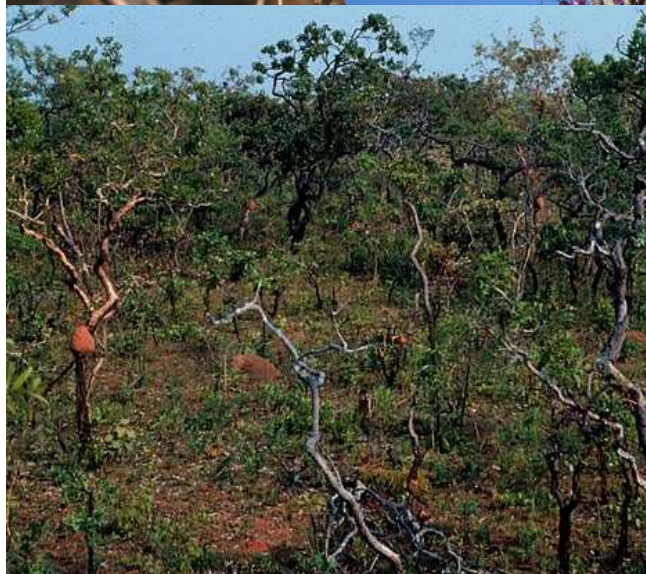
- Os benefícios agrônômicos em solos de textura mais grossa e de baixa fertilidade são mais evidentes – importância para produtores de pequeno e médio porte, agricultura familiar e de subsistência
- Em sistemas intensivos, irrigados, em solo arenoso, em caso de veranicos
- Agricultura orgânica?
- No desenvolvimento de adubos / fertilizantes
- Disponibilidade de matéria prima e tecnologia para carbonização – fontes e produção local (Inman, 2012, Nature Climate Change, 2:218-220)
- Interligação com geração de energia e utilização de subprodutos / materiais descartados (Maia et al., 2012, Dynamic Soil Dynamic Plant 5:52-58)
- Rede de pesquisa em experimentos em campo



**Embrapa**

Ministério da  
Agricultura, Pecuária  
e Abastecimento

GOVERNO FEDERAL  
**BRASIL**  
PAÍS RICO É PAÍS SEM POBREZA



**Obrigada pela  
atenção!**

**Agradecimentos:**

**CNPq/MCT  
CAPES/MEC  
Embrapa/MAPA**

**beata.madari@embrapa.br**