

# Qualidade do solo sob pastagem cultivada e nativa no Pantanal sul-mato-grossense

IVALDO LUIS CARDOSO<sup>(1)</sup>, MARX LEANDRO NAVES SILVA<sup>(2)</sup>, SANDRA APARECIDA SANTOS<sup>(3)</sup> & NILTON CURI<sup>(4)</sup>

**RESUMO** – A análise integrada de atributos do solo pode ser mais sensível em refletir alterações na qualidade do solo do que a análise individual dos mesmos. O objetivo deste trabalho foi avaliar a qualidade do solo sob pastagem cultivada implantada em substituição à floresta nativa e pastagem nativa submetida a diferentes sistemas de manejo no Pantanal. O trabalho consistiu da avaliação de três florestas nativas; três pastagens de *Brachiaria decumbens* com diferentes idades de formação, implantadas em substituição às florestas nativas; e três pastagens nativas, sendo uma sob sistema de pastejo contínuo e outras duas, sem pastejo por 3 e 19 anos. Foram coletadas amostras de solo nas profundidades de 0-10 e 10-20 cm em três transectos de 100 m, estabelecidos em cada ambiente de estudo, cada um constituindo uma repetição. A qualidade do solo foi avaliada por modelo aditivo que considera as funções principais do solo e indicadores de qualidade a elas associados. A análise integrada dos atributos químicos, físicos e biológicos do solo, expressa pelo índice de qualidade do solo (IQS), foi mais sensível em refletir alterações na qualidade do que a análise individual dos atributos. O IQS evidenciou perda na qualidade do solo de 20 a 40% na conversão da floresta nativa em pastagem cultivada e de 16 a 30%, na pastagem nativa sob pastejo contínuo.

**Palavras-Chave:** (conservação, índice de qualidade do solo; sustentabilidade)

## Introdução

Nos últimos anos a preocupação com a qualidade do solo tem merecido destacada atenção, na medida que sua avaliação pode contribuir para o estabelecimento de sistemas racionais de manejo e favorecer a manutenção de uma produção biológica sustentável.

Desde a formulação dos conceitos de qualidade do solo, inúmeras linhas de avaliação têm sido propostas, como a avaliação da matéria orgânica do solo; a quantificação de microrganismos e processos microbiológicos no solo; a avaliação de atributos

físicos; e outras que sugerem a avaliação integrada de um conjunto de indicadores e sua expressão através de um índice geral de qualidade.

A avaliação da qualidade do solo pode constituir-se em importante instrumento para monitorar a sustentabilidade dos sistemas de produção, visto que permite caracterizar uma situação atual, alertar para situações de risco e prever situações futuras. Além disso, permite avaliar o impacto das práticas de manejo sobre o solo e identificar o que está ocorrendo com o sistema de manejo em curso, ou seja, se o manejo atual está contribuindo para aumentar ou diminuir a capacidade produtiva do solo. Especificamente para o Pantanal, bioma marcado pela elevada fragilidade ambiental e reconhecido como de grande importância para a manutenção da biodiversidade, é premente a necessidade de instrumentos que permitam monitorar a sustentabilidade de seus sistemas de produção, sob pena da intensificação das atividades produtivas comprometer irreversivelmente, a diversidade de seus recursos naturais.

O objetivo deste trabalho foi avaliar a qualidade do solo sob pastagem cultivada implantada em substituição à floresta nativa e pastagem nativa sob diferentes sistemas de manejo, a partir da integração de atributos químicos, físicos e biológicos, no Pantanal sul-mato-grossense.

## Material e Métodos

O trabalho foi conduzido em duas fazendas localizadas na sub-região da Nhecolândia, Pantanal sul-mato-grossense. Os ambientes de estudo consistiram de três diferentes áreas florestadas nativas (**FN** – mata semidecídua - 18°34'57" S e 55°50'52" WGr, **CE1** - cerrado - 18°33'11" S e 55°48'41" WGr, **CE2** - cerrado - 18°59'57" S e 56°38'10" WGr); três pastagens de *Brachiaria decumbens* implantadas em substituição às florestas nativas (**PC27** - 27 anos de formação, implantada em substituição à FN e adjacente à mesma, **PC26** – 26 anos de formação, implantada em substituição ao CE1 e adjacente ao mesmo, **PC11** – 11 de formação, implantada em substituição ao CE2 e adjacente ao mesmo); e três áreas de pastagem nativa, caracterizada pela predominância de *Mesosetum chaseae* e *Axonopus purpusii*, sendo uma submetida ao sistema de pastejo contínuo (**PNpc** -

<sup>(1)</sup> Primeiro Autor é Pesquisador do Centro de Pesquisa Agropecuária do Pantanal - Embrapa Pantanal, Rua 21 de setembro, 1880, Caixa Postal 109, Corumbá, MS, CEP 79.320-900. E-mail: [evaldo@cpap.embrapa.br](mailto:evaldo@cpap.embrapa.br).

<sup>(2)</sup> Segundo Autor é Professor do Departamento de Ciências do Solo, Universidade Federal de Lavras - UFLA, Campus Universitário, Caixa Postal 3037, Lavras, MG, CEP 37200-000.

<sup>(3)</sup> Terceiro Autor é Pesquisadora do Centro de Pesquisa Agropecuária do Pantanal - Embrapa Pantanal, Rua 21 de setembro, 1880, Caixa Postal, Corumbá, MS, CEP 79.320-900.

<sup>(4)</sup> Quarto Autor é Professor do Departamento de Ciências do Solo, Universidade Federal de Lavras - UFLA, Campus Universitário, Caixa Postal 3037, Lavras, MG, CEP 37200-000.

Apoio financeiro: CNPq.

18°59'25" S e 56°38'43" WGr) e duas outras, sem pastejo por 3 anos (PNv3 - 18°59'57" S e 56°38'01" WGr) e 19 anos (PNv19 - 18°58'42" S e 56°37'00" WGr). O solo dos ambientes de estudo é o Neossolo Quartzarênico Órtico, enquadrado na classe textural areia.

A amostragem do solo foi realizada em transectos de 100 m, três em cada ambiente de estudo, com coleta de amostras nas profundidades de 0-10 e 10-20 cm. Cada transecto constituiu uma repetição, totalizando 27 transectos. Foram analisados os componentes do complexo sortivo e matéria orgânica [1]; densidade do solo [2]; porosidade total [3]; macroporosidade [4]; resistência do solo à penetração [5]; carbono microbiano [6]; e quociente microbiano [7].

A qualidade do solo foi avaliada conforme modelo proposto por Karlen & Stott [8], aplicado com modificações por Chaer & Tótoia [9], Souza et al. [10] e Melo Filho et al. [11], que considera as funções principais do solo e os indicadores de qualidade a elas associados, sendo atribuídos pesos tanto para as funções como para os indicadores. Neste estudo foram assumidas quatro funções principais do solo e atribuída igualdade de importância às mesmas (Tabela 1). Cada função do solo foi associada a um conjunto de indicadores, selecionados para quantificar a performance da referida função no ambiente. O cálculo do índice integrado de qualidade do solo (IQS) se processou em duas etapas:

$$Q_{FPn} = I_1 (w_1) + I_2 (w_2) + I_n (w_n)$$

$$IQS_2 = Q_{FP1} (W_{FP1}) + Q_{FP2} (W_{FP2}) + Q_{FP3} (W_{FP3}) + Q_{FP4} (W_{FP4}) + Q_{FPn} (W_{FPn})$$

em que: 'Q<sub>FPn</sub>' - refere-se à qualidade da função principal do solo; 'I' - refere-se aos escores padronizados dos indicadores de qualidade relacionados a cada função principal; 'w' - refere-se aos ponderadores relacionados a cada indicador ou a cada função principal.

Os indicadores de qualidade, por possuírem diferentes unidades de medida, foram padronizados para escores que variam de 0 a 1, através da função de padronização de escores [12]:

$$v = \frac{1}{1 + ((B - L)/(x - L))^{2S(B+x-2L)}}$$

em que 'v' - é a pontuação padronizada; 'B' - o valor crítico ou limite-base do indicador, onde a pontuação equivale a 0,5; 'L' - o limite inferior ou o pior valor do indicador, podendo ser zero; 'S' - a inclinação da tangente da curva no limite-base ou no valor crítico do indicador; e 'x' - o valor do indicador medido no campo.

No presente estudo os limites, inferior, superior e crítico dos indicadores foram estabelecidos com base na média dos valores observados nos três ambientes de floresta nativa e na pastagem nativa sem pastejo por 19 anos; ambientes considerados como referência.

Os resultados foram submetidos à análise de variância. As comparações para verificação do efeito

da conversão da floresta nativa em pastagem cultivada e do sistema de pastejo em pastagem nativa foram realizadas por meio de contrastes ortogonais, a partir do desdobramento dos oito graus de liberdade dos ambientes de estudo. A significância dos contrastes de interesse foi testada pelo teste F, a pelo menos 5% de probabilidade, levando-se em conta o quadrado médio do resíduo obtido pela análise de variância.

## Resultados

A conversão das florestas nativas em pastagem cultivada e o sistema de pastejo contínuo da pastagem nativa promoveram impacto negativo sobre o solo, refletido por degradação dos atributos químicos, físicos e biológicos, notadamente na profundidade de 0-10 cm, e valores significativamente menores do índice de qualidade do solo (IQS) (Tabela 2). Embora o sistema de pastejo contínuo da pastagem nativa também tenha promovido degradação do solo, impacto mais intenso foi constatado na substituição da floresta nativa por pastagem cultivada.

As pastagens cultivadas com maior tempo de implantação apresentaram redução na qualidade do solo, nas profundidades de 0-10 e 10-20 cm, respectivamente, de 23 e 22% na PC27 e 40 e 31% na PC26. Por sua vez, a pastagem cultivada com menor tempo de implantação (PC11), apresentou redução significativa somente na profundidade de 0-10 cm, correspondendo, aproximadamente, a 39%. A perda de qualidade do solo nas pastagens cultivadas, PC27 e PC26, notadamente na profundidade de 0-10 cm, deveu-se, em grande parte, às restrições ao pleno desempenho das funções receber, armazenar e suprir água (RAA) e promover o crescimento das raízes (PCR) (Figura 1), que, por sua vez, são fortemente influenciadas pelos indicadores inerentes aos atributos físicos. Em relação à PC11, a perda de qualidade do solo deveu-se, em grande parte, às restrições ao pleno desempenho das funções PCR e armazenar, suprir e ciclar nutrientes (ACN). Embora, a função ACN tenha apresentado desempenho superior no sistema PC11, ainda assim, as maiores restrições ao bom desempenho das demais funções determinaram redução da qualidade do solo.

Em relação à pastagem nativa, embora somente a MOS e resistência do solo à penetração tenham apontado efeito significativo do sistema de pastejo, a análise integrada dos atributos evidenciou redução na qualidade do solo de 30 e 16% na PNpc e 24 e 26% na PNv3, nas profundidades 0-10 e 10-20 cm, respectivamente.

## Discussão

Ambientes de floresta nativa, notadamente aqueles estabelecidos em solos de baixa fertilidade natural, como é o caso do Pantanal, têm sua manutenção fortemente associada ao equilíbrio entre a cobertura vegetal e os processos biogeoquímicos do solo. De acordo com Moreira & Malavolta [13], a produtividade dos ecossistemas naturais e de agroecossistemas introduzidos, e raramente fertilizados, depende da reciclagem dos nutrientes minerais contidos na serapilheira das plantas e da matéria orgânica do solo. Portanto, a redução na qualidade do solo

promovida pela conversão da floresta nativa em pastagem cultivada e sistema de pastejo contínuo da pastagem nativa, certamente está associada à redução na quantidade e qualidade do substrato orgânico depositado no solo.

Araújo et al. [14], ao estabelecer índices para pastagens cultivada e nativa no cerrado, relataram redução na qualidade do solo, em comparação com o Cerrado nativo, de 61 e 46%, respectivamente, sendo a maior redução na pastagem cultivada atribuída ao uso mais intensivo para o pastejo. Os autores destacam ainda, que os atributos físicos foram mais sensíveis em refletir as alterações na qualidade do solo, assim como constatado no presente estudo, notadamente nas pastagens cultivadas.

Apesar da significativa redução da qualidade do solo na pastagem nativa, submetida ao sistema de pastejo contínuo, a capacidade produtiva desses campos naturais, nas condições de pecuária extensiva tradicionalmente conduzida no Pantanal, sugere uma alta resiliência dos mesmos, haja vista que são explorados há mais de duzentos anos, sem jamais terem recebido qualquer tipo de aplicação de fertilizantes.

### Conclusões

O índice de qualidade do solo evidenciou redução na qualidade do solo pela conversão da floresta nativa em pastagem cultivada e sistema de pastejo contínuo da pastagem nativa, com reduções mais expressivas na pastagem cultivada.

A análise integrada dos atributos químicos, físicos e biológicos do solo, expressa pelo índice de qualidade do solo, foi mais sensível em refletir alterações na qualidade do que a análise individual dos atributos.

### Referências

- [1] EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. *Manual de métodos de análise de solo*. 2. ed. rev. atual. Rio de Janeiro, 1997. 212p
- [2] BLAKE, G.R.; HARTGE, K.H. Bulk density. In: KLUTE, A. (Ed.). *Methods of soil analysis*. 2. ed. Madison: American Society of Agronomy, 1986a. v.1, p.363-375.
- [3] DANIELSON, R.E.; SUTHERLAND, P.L. Porosity. In: KLUTE, A. (Ed.). *Methods of soil analysis*. 2.ed. Madison: American Society of Agronomy, 1986. v.1, p.443-461.
- [4] GROHMANN, F. Distribuição do tamanho de poros em três tipos de solo do Estado de São Paulo. *Bragantia*, Campinas, v.19, n.21, p.319-328, 1960.
- [5] STOLF, R. Teoria e teste experimental de fórmulas de transformação dos dados de penetrômetro de impacto em resistência à penetração. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, Viçosa, MG, v.15, p.229-235, 1991.
- [6] VANCE, E.D.; BROOKES, P.C.; JENKINSON, D.S. An extraction method for measuring soil microbial biomass C. *Soil Biology and Biochemistry*, Oxford v. 19, p. 703-707, 1987.
- [7] SPARLING, G.P. Ratio of microbial biomass carbon to soil organic carbon as a sensitive indicator of changes in soil organic matter. *Australian Journal of Soil Research*, Victoria, v. 30, p. 195-207, 1992.
- [8] KARLEN, D.L.; STOTT, D.E. A framework for evaluating physical and chemical indicators of soil quality. In: DORAN, J.W., COLEMAN, D.C., BEZDICEK, D.F., STEWART, B.A. (Ed.). *Defining soil quality for a sustainable environment*. Madison: Soil Science Society of America, 1994. p.53-72. (SSSA Special Publication, 35).
- [9] CHAER, G.M. & TÓTOLA, M.R. Modelo para determinação de índice de qualidade do solo baseado em indicadores físicos, químicos e microbiológicos. In: *CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA DO SOLO, XXIX*, Ribeirão Preto. 2003. (CD-RON).
- [10] SOUZA, L.da S.; SOUZA, L.D.; SOUZA, L.F da. Indicadores físicos e químicos de qualidade do solo sob o enfoque de produção vegetal: estudo de caso para citros em solos coesos de tabuleiros costeiros. In: *CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA DO SOLO, XXIX*, Ribeirão Preto. 2003. (CD-RON).
- [11] MELO FILHO, J.F.; SOUZA, A.L.V.; SOUZA, L.S. Determinação do índice de qualidade subsuperficial em um Latossolo Amarelo coeso dos Tabuleiros Costeiros, sob floresta natural. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, Viçosa, MG, v. 31, n. 6, p.1599-1608, nov./dez. 2007.
- [12] WYMORE, A.W. Model-Based Systems Engineering. An Introduction to the Mathematical Theory of Discrete Systems and to the Tricotyledon Theory of System Design. CRC, Boca Raton, FL, 1993.
- [13] MOREIRA, A.; MALAVOLTA, E. Dinâmica da matéria orgânica e da biomassa microbiana em solo submetido a diferentes sistemas de manejo na Amazônia Ocidental. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, v.39, n.11, p.1103-1110, nov. 2004.
- [14] ARAÚJO, R.; GOEDERT, W.J.; LACERDA, M.P.C. Qualidade de um solo sob diferentes usos e sob cerrado nativo. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, Viçosa, MG, v. 31, n. 5, p.1099-1108, set./out. 2007.

**Tabela 1.** Funções principais do solo e indicadores de qualidade para determinação do índice de qualidade do solo de diferentes ambientes no Pantanal sul-mato-grossense.

Função principal	Ponderador da função	Indicador de qualidade	Ponderador do indicador	Limite		
				Inferior	Superior	Crítico
Receber, armazenar, e suprir água (RAA)	0,25	Ds (kg dm <sup>-3</sup> )	0,15	1,3 (1,3)	1,7 (1,7)	1,4 (1,45)
		MOS (g kg <sup>-1</sup> )	0,4	0 (0)	18,4 (9,4)	9,2 (4,7)
		Rp (MPa)	0,15	0,5 (0,5)	1,7 (1,05)	1,0 (1,0)
		Pt (m <sup>3</sup> m <sup>-3</sup> )	0,15	0,36 (0,36)	0,50 (0,50)	0,43 (0,43)
		Mac (m <sup>3</sup> m <sup>-3</sup> )	0,15	0,10 (0,10)	0,30 (0,30)	0,25 (0,25)
Promover o crescimento das raízes (PCR)	0,25	Ds (kg dm <sup>-3</sup> )	0,15	1,3 (1,3)	1,7 (1,7)	1,4 (1,45)
		Rp (MPa)	0,15	0,5 (0,5)	1,7 (1,05)	1,0 (1,0)
		MOS (g kg <sup>-1</sup> )	0,4	0 (0)	18,4 (9,4)	9,2 (4,7)
		SB (cmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup> )	0,15	0 (0)	5,4 (0,67)	2,7 (0,35)
		t (cmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup> )	0,15	0 (0)	5,4 (1,1)	2,7 (0,6)
Armazenar, ciclar e suprir nutrientes (ACN)	0,25	MOS (g kg <sup>-1</sup> )	0,6	0 (0)	18,4 (9,4)	9,2 (4,7)
		SB (cmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup> )	0,1	0 (0)	5,4 (0,67)	2,7 (0,35)
		t (cmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup> )	0,1	0 (0)	5,4 (1,1)	2,7 (0,6)
		Cmic (µg g <sup>-1</sup> )	0,2	0 (0)	486 (186)	243 (93)
Promover a atividade biológica (PAB)	0,25	SB (cmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup> )	0,15	0 (0)	5,4 (0,67)	2,7 (0,35)
		t (cmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup> )	0,15	0 (0)	5,4 (1,1)	2,7 (0,6)
		MOS (g kg <sup>-1</sup> )	0,4	0 (0)	18,4 (9,4)	9,2 (4,7)
		Cmic (µg g <sup>-1</sup> )	0,2	0 (0)	486 (186)	243 (93)
		qMIC (%)	0,1	0 (0)	3,1 (2,75)	1,55 (1,37)

Ds – densidade do solo; MOS – matéria orgânica do solo; Rp – resistência à penetração; Pt – porosidade total; Mac – macroporosidade; SB – soma de bases trocáveis; t – CTC efetiva; Cmic – carbono microbiano; qMIC – quociente microbiano.

\* Os limites críticos dentro dos parênteses referem-se aos valores estabelecidos para os agroecossistemas de pastagem nativa e fora para os agroecossistemas de floresta nativa e pastagem cultivada adjacente

**Tabela 2.** Atributos químicos, físicos e biológicos e índice qualidade do solo de diferentes ambientes no Pantanal sul-mato-grossense, e valores de F dos contrastes de interesse.

Ambiente/ contraste	S .....cmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup> .....	t	MOS g kg <sup>-1</sup>	Ds Kg dm <sup>-3</sup>	Pt m <sup>3</sup> m <sup>-3</sup>	Mac m <sup>3</sup> m <sup>-3</sup>	RP MPa	Cmic µg g <sup>-1</sup>	Qmic %	IQS
Profundidade 0-10 cm										
FN	5,40	5,40	22	1,40	0,44	0,25	1,02	486	3,2	0,818
CE1	2,10	2,40	17	1,50	0,43	0,29	0,74	339	3,1	0,678
CE2	1,80	2,07	16	1,44	0,43	0,30	0,69	184	2,5	0,614
PC27	3,73	3,73	15	1,56	0,39	0,17	1,62	280	2,4	0,629
PC26	1,30	1,67	9,3	1,59	0,38	0,12	1,33	159	2,4	0,403
PC11	0,57	0,93	8,7	1,56	0,39	0,14	1,02	106	1,7	0,377
PNpc	0,40	0,73	4,7	1,61	0,38	0,15	0,91	90	1,9	0,536
PNv3	0,47	0,87	6	1,57	0,40	0,19	0,98	104	2,3	0,585
PNv19	0,67	1,10	9,3	1,45	0,43	0,21	0,73	184	2,2	0,770
Valor de F										
FN vs PC27	16,98**	17,85**	18,78**	26,36**	12,20**	6,95**	104,79**	47,36**	4,81*	28,43**
CE1 vs PC26	3,91*	3,48*	26,62**	11,17**	9,00**	35,18**	100,19**	36,28**	3,44*	32,62**
CE2 vs PC11	9,30**	8,25**	26,61**	13,99**	9,07**	33,82**	30,71**	6,68*	2,96*	16,23**
PNv19 vs PNv3	0,02	0,11	12,8**	1,38	2,47	1,63	18,96**	2,00	0,39	25,42**
PNv19 vs PNpc	0,43	0,86	65,64**	25,24**	13,28**	4,20*	10,03**	4,30*	0,04	35,29**

Continua...

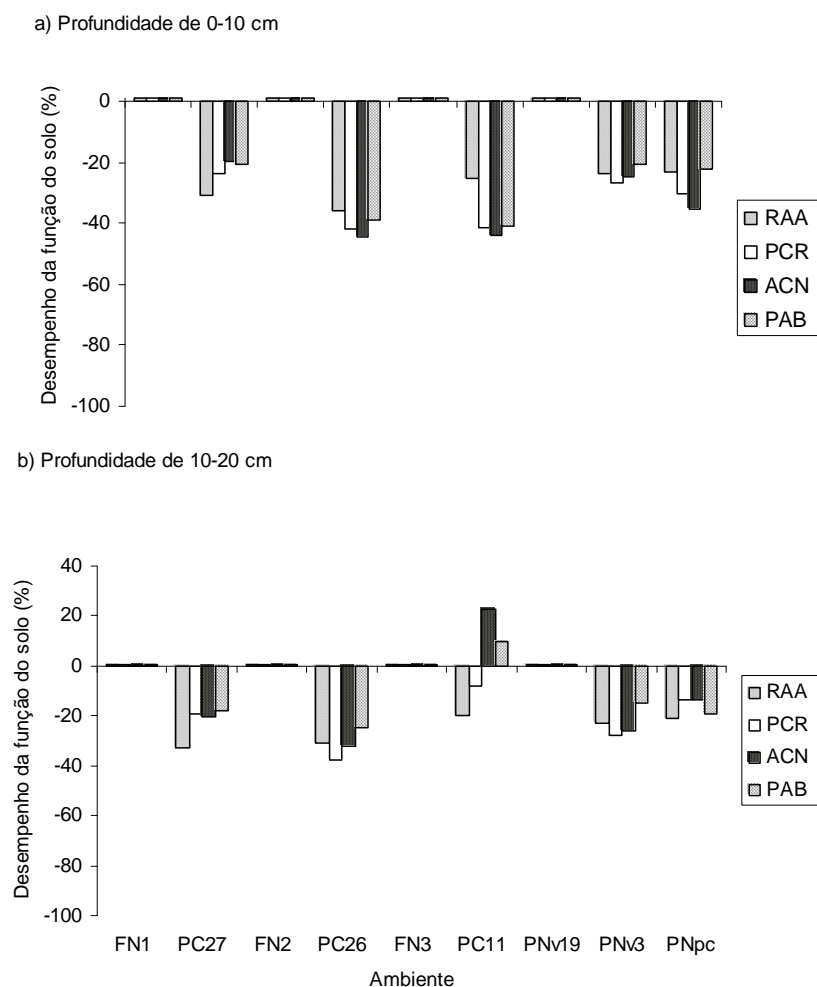
Tabela 2. cont.

Ambiente/ contraste	S .....cmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup> .....	t .....	MOS g kg <sup>-1</sup>	Ds Kg dm <sup>-3</sup>	Pt m <sup>3</sup> m <sup>-3</sup>	Mac m <sup>3</sup> m <sup>-3</sup>	RP MPa	Cmic μg g <sup>-1</sup>	Qmic %	IQS
Profundidade 10-20 cm										
FN	3,77	3,77	16	1,50	0,41	0,24	1,02	320	2,9	0,684
CE1	0,83	1,43	6	1,49	0,43	0,32	0,74	89	2,7	0,357
CE2	0,50	0,90	5,7	1,44	0,45	0,30	0,70	84	2,2	0,321
PC27	3,87	3,87	12	1,59	0,38	0,17	1,64	154	2,1	0,533
PC26	0,93	1,03	3,7	1,66	0,37	0,16	1,35	56	2,1	0,245
PC11	0,76	1,13	4,3	1,54	0,40	0,18	1,27	92	2,1	0,310
PNpc	0,45	0,80	4	1,6	0,39	0,21	0,97	68	2,3	0,499
PNv3	0,35	0,70	4	1,62	0,39	0,19	1,14	84	2,8	0,439
PNv19	0,53	0,97	4,3	1,54	0,40	0,19	0,73	98	2,4	0,593
Valor de F										
FN vs PC27	0,05	0,06	5,01*	8,17**	2,70*	5,69*	113,04**	29,99**	2,36	17,54**
CE1 vs PC26	0,05	1,00	2,03	28,91**	21,60**	30,02**	107,10**	1,23	1,28	8,42**
CE2 vs PC11	0,42	0,34	0,66	7,51**	11,05**	17,82**	94,61**	0,07	0,02	1,89
PNv19 vs PNv3	0,05	0,06	0,00	0,62	0,21	0,49	49,17**	0,38	4,63*	42,78**
PNv19 vs PNpc	0,04	0,17	0,04	3,21	1,27	0,40	16,58**	0,94	0,79	18,78**

FN: mata semidecídua; CE1: cerradão; CE2: cerradão; PC27, PC26, PC11: pastagem cultivada com 27, 26 e 11 anos de formação, respectivamente; PNpc, PNv3, PNv19: pastagem nativa com sistema de pastejo contínuo e sem pastejo por 3 e 19 anos, respectivamente.

S: soma de bases trocáveis; T: CTC a pH 7,0; t: CTC efetiva; MOS: matéria orgânica do solo; Ds: densidade do solo; Pt: porosidade total; Mac: macroporosidade; RP: resistência do solo à penetração; Cmic: carbono microbiano; qMIC: quociente microbiano.

\*\* e \* Significativo ao nível de 1 e 5% de probabilidade, respectivamente.



**Figura 1.** Desempenho das funções receber, armazenar e suprir água (RAA); promover o crescimento das raízes (PCR); armazenar, suprir e ciclar nutrientes (ACN) e promover a atividade biológica (PAB) assumidas na geração do IQS em diferentes ambientes no Pantanal sul-mato-grossense.