

Condutividade elétrica e atributos físicos e químicos de um Latossolo após 15 anos sob sistemas de manejo em Mato Grosso do Sul

Júlio Cesar Salton^{1*}, Michely Tomazi¹, Éder Comunello¹,
Josiléia Acordi Zanatta^{2*}, Ladislau Rabello^{3*}

¹ Pesquisador, Embrapa Agropecuária Oeste, Rod BR 163, Km 253, Dourados, MS, Brasil

² Pesquisador, Embrapa Florestas, Estrada da Ribeira, Km 111, Colombo, PR, Brasil

³ Pesquisador, Embrapa Instrumentação, Rua XV de Novembro, 1452, São Carlos, SP, Brasil

*e-mail: salton@cpao.embrapa.br; josizanatta@cnpf.embrapa.br; rabello@cnpdia.embrapa.br

Resumo: Em um experimento de longa duração, localizado em Dourados (MS) foi realizada a leitura da condutividade elétrica (CE) de um Latossolo por meio de equipamento Veris e os valores obtidos foram relacionados à valores de atributos físicos e químicos de duas camadas do solo. Os valores foram compatibilizados espacialmente com uso de softwares e com os pares de valores calculou-se a correlação de Pearson. Verificou-se que a CE pode auxiliar na delimitação de zonas de manejo. Quanto aos atributos de solo, foram encontradas boas correlações apenas para a CTC em alguns sistemas de manejo, como o de Integração lavoura-pecuária. A CE pode ser utilizada para delimitar áreas homogêneas apenas quando submetidas ao mesmo sistema de manejo.

Palavras-chave: cerrado, CTC, integração lavoura-pecuária, plantio direto, qualidade do solo.

Electrical conductivity and physical and chemical attributes of an Oxisol after 15 years in management systems in Mato Grosso do Sul state, Brazil

Abstract: On a long-term experiment, located in Dourados (Brazil) was done reading the electrical conductivity (EC) of a oxisol with the movel equipment (Veris) and the values obtained were related to the values of physical and chemical attributes of two soil layers. The spatialization of the values and compatibilization were made with the use of softwares and the values pairs used to calculate the Pearson correlation. It was found that the EC can assist in the delineation of management zones. As to the attributes of soil, good correlations were found only for the CEC in some management systems, such as crop-livestock integration.

Keywords: CEC, crop-livestock integration, no-till, savannah, soil quality.

1. Introdução

Para que a agricultura atinja seus objetivos de produção de alimentos, fibras e energia de forma sustentável é necessário que todas as tecnologias disponíveis sejam utilizadas. Como as interações entre as culturas e o ambiente são muito complexas e variáveis, constantemente inovações são disponibilizadas para uso no campo. Neste sentido a “Agricultura de Precisão” (AP) é proposta como um conjunto de ferramentas e de conceitos para gerenciar a variabilidade espacial de atributos do solo, da planta e do ambiente visando à obtenção de elevadas produtividades e maior eficiência de uso de práticas e insumos. Neste conceito, busca-se um balanço entre a máxima produtividade das culturas e a manutenção da estabilidade econômica, da utilização dos recursos naturais renováveis e dos impactos ambientais (CORWIN; LESCH, 2003). Uma das estratégias recomendadas para convivência com a variabilidade do solo consiste no uso de ferramentas de AP para identificação e delimitação de regiões homogêneas dentro de áreas maiores. Estas zonas homogêneas ou zonas de manejo receberiam tratamento diferenciado visando compensar as diferenças existentes em relação às demais glebas.

Como a CE do solo pode ser afetada por vários atributos do solo, como o teor de argila, umidade, presença de sais, teor de matéria orgânica, entre outros, este atributo poderia ser empregado para discriminar zonas homogêneas e indicar aspectos qualitativos do solo com vistas a produtividade das culturas. A estimativa da condutividade elétrica aparente (CE) do solo tem sido utilizada como indicador da variabilidade de propriedades edafológicas e a produtividade das culturas (SIRI-PRIETO et al., 2006). Como vantagens comparativas a outros métodos disponíveis para descrever a variabilidade do solo, a CE determinada com uso de equipamento móvel com emissores e receptores de corrente elétrica, associados ao sistema de posicionamento global (GPS) possibilitam a amostragem de forma rápida e com um grande número de leituras (MACHADO et al., 2006).

2. Material e métodos

O estudo foi conduzido em um experimento de longa duração, implantando em 1996, no campo experimental da Embrapa Agropecuária Oeste, em Dourados-MS (22° 16' 55" S e 54° 48' 20" O), cultivado sob diferentes sistemas de manejo do solo, a saber: a) Sistema Convencional (PC) - monocultivo de soja no verão e aveia no inverno e preparo do solo utilizando grades de discos (pesada+niveladora); b) Sistema Plantio Direto (PD) - rotação de culturas tendo no verão soja e milho, e no outono-inverno e primavera, trigo e aveia para produção de grãos e nabo e aveia para produção de palha, com a sequência: .../nabo/milho/aveia/soja/trigo/soja/...; c) Sistema de Integração Lavoura Pecuária (ILP) - alternância de lavoura (soja/aveia) com pastagem (*Brachiaria decumbens*) conduzida em PD, com ciclos de dois anos e Pastagem permanente (PP) - pastagem de *B. decumbens* manejada em pastoreio intermitente com a lotação ajustada em torno de 7 % de oferta de forragem. O solo do local é Latossolo Vermelho distroférrico caulinitico, com teor médio de argila de 640 g kg⁻¹. Este local encontra-se em uma faixa de transição entre os biomas Cerrado e Mata Atlântica e clima Cwa - clima mesotérmico úmido, verões quentes e invernos secos. Informações detalhadas do experimento podem ser encontradas em Salton (2005).

Visando avaliar a fertilidade do sistema, no ano de 2008 procedeu-se a amostragem do solo considerando uma equidistância de 30 m entre as amostras, formando uma grade regularmente espaçada. Em cada ponto da malha, foram tomadas amostras para caracterização dos atributos químicos (pH, Ca, Mg, Al, P, Mn, Zn, Cu, Fe), nas camadas de 0-5, 5-15 cm, e estabilidade de agregados, em 0-10 cm. Em outubro de 2010 foi realizado o mapeamento da condutividade elétrica aparente (CE) do solo utilizando o equipamento VERIS 3100 (Veris Technologies, EUA). Este equipamento realiza simultaneamente medições nas profundidades de 0-30 e 0-90 cm, armazenando os dados em mS m⁻¹.

Buscando examinar possíveis correlações entre os dados de fertilidade e de condutividade elétrica, os dados foram compatibilizados espacialmente.

Para tanto se utilizou o software Surfer 8.0 em ambiente Windows (Golden Software Co, EUA) para a interpolação dos dados e produção de grades coincidentes. O algoritmo empregado foi a Função de Base Radial, gerando como produto final uma grade para cada variável estudada, espaçada em 4×4 m. A partir das grades coincidentes, os valores foram pareados de acordo com sua posição geográfica, sendo possível examinar a existência de correlação entre os dados. Para este fim calcularam-se os coeficientes de correlação de Pearson entre variáveis físicas e químicas e a CE do solo. Os atributos de solo, de cada profundidade amostrada, foram correlacionados com as duas profundidades avaliadas pelo sensor Veris (0-30 e 0-90 cm).

3. Resultados e discussão

A correlação entre os valores de CE e de atributos do solo foram avaliadas mediante a significância ($P \leq 0,05$ e $P \leq 0,01$) e o valor do coeficiente de determinação (r^2), sendo considerada uma relação importante quando este valor for superior a 0,5. A Tabela 1 apresenta os valores de r^2 para as relações entre a CE do solo nas camadas 0 a 30 e 0 a 90 cm e diversos atributos físicos e químicos de duas camadas do solo.

Considerando a área total do experimento em conjunto, valores de r^2 superiores a 0,5 foram

observados apenas para cálcio, soma de bases (SB) e CTC da camada 5 a 15 cm. No entanto, ao considerar-se de forma individual as áreas sob os sistemas de manejo foram encontrados valores superiores a 0,5 para diversos atributos nas duas profundidades estudadas. De modo geral foram encontradas maiores correlações quando a análise considerou os atributos químicos do solo da camada 5 a 15 cm, possivelmente em razão de que esta camada é mais representativa do solo do que apenas a camada superficial, considerando-se as espessuras das camadas do solo avaliadas quanto a CE.

As medidas de CE parecem não apresentar boa correlação com os atributos físicos, pois apenas o índice de estabilidade (IEA), no sistema ILP2, apresentou valor de r^2 superior a 0,5 contrariando as expectativas iniciais, uma vez que a agregação do solo integra vários atributos que de forma isolada, estão relacionadas à CE do solo.

Os sistemas de manejo apresentaram diferentes valores da CE, permitindo observar claramente os limites no campo (Figura 1). Entre os sistemas de manejo, considerando os atributos químicos em ambas as camadas avaliadas, os que apresentaram maiores valores de r^2 foram, em ordem decrescente, sistemas ILP 1, ILP 2, PD 2 e PP. Por outro lado, os sistemas PC e PD 1 não apresentaram nenhum valor de r^2 superior a 0,5. O sistema PD2 estava com a cultura de nabo ainda vegetando, enquanto

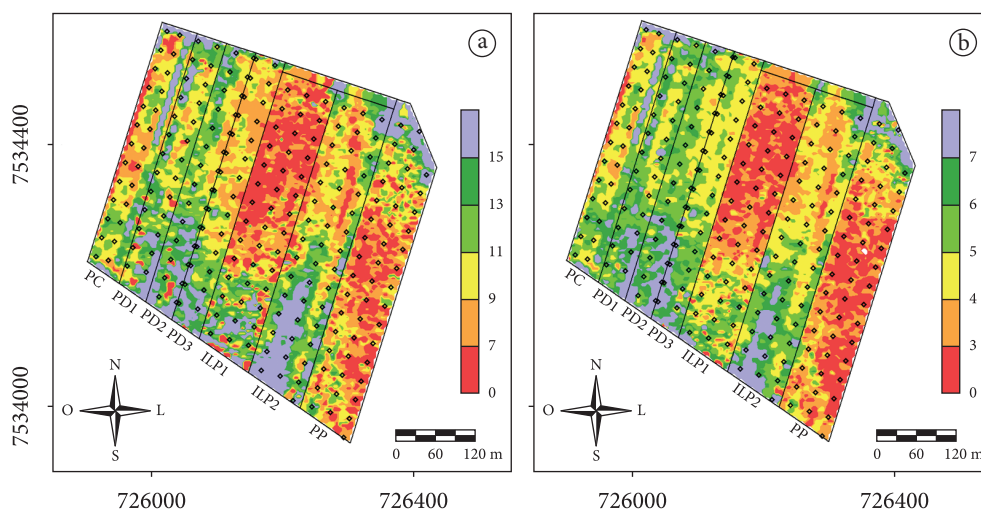


Figura 1. Distribuição espacial da condutividade elétrica aparente (mS m^{-1}) nas camadas 0 a 30 cm (a) e 0 a 90 cm (b) de um Latossolo submetido a sistemas de manejo do solo. Os pontos no mapa indicam a grade de pontos de coletas das amostras de solo para determinações físicas e químicas. PC: Sistema Convencional; PD: Sistema Plantio Direto; ILP: Sistema de integração lavoura-pecuária; PP: pastagem permanente.

Tabela 1. Correlações obtidas entre valores de CE para duas camadas do solo e atributos físicos e químicos do solo submetido a diferentes sistemas de manejo durante 15 anos, em Dourados (MS).

Atributos	Profundidade da amostra (cm)	PC		PD 1		PD2		PD3		ILP1		ILP2		PP		Área total	
		CE 30	CE 90	CE 30	CE 90	CE 30	CE 90	CE 30	CE 90	CE 30	CE 90	CE 30	CE 90	CE 30	CE 90	CE 30	CE 90
CE 30	0 - 30	1,000	0,917**	1,000	0,548**	1,000	0,560**	1,000	0,722**	1,000	0,579**	1,000	0,864**	1,000	0,695**	1,000	0,757**
CE 90	0 - 90	0,917**	1,000	0,548**	1,000	0,560**	1,000	0,722**	1,000	0,579**	1,000	0,864**	1,000	0,695**	1,000	0,757**	1,000
DMPs	0 - 10	0,323**	0,283**	0,150**	-0,012	0,098**	0,060*	0,244**	0,258**	0,400**	0,458**	0,161**	0,204**	0,283**	0,234**	0,001	-0,129**
DMPu	0 - 10	0,111**	0,140**	0,098**	0,029	0,214**	0,148**	0,045	0,114**	0,339**	0,435**	0,125**	0,157**	0,144**	0,082**	-0,127**	-0,276**
IEA	0 - 10	-0,242**	-0,179**	-0,076**	-0,046	-0,161**	-0,221**	-0,294**	-0,234**	-0,498**	-0,561**	-0,416**	-0,407**	0,087**	0,109**	-0,321**	-0,393**
pH _{H2O}	0 - 5	0,417**	0,416**	0,212**	0,128**	0,134**	0,198**	0,219**	0,113**	0,519**	0,591**	0,104**	0,034	0,332**	0,352**	0,320**	0,291**
Ca	0 - 5	0,425**	0,436**	0,288**	0,291**	0,217**	0,302**	0,538**	0,399**	0,585**	0,666**	0,566**	0,535**	0,539**	0,578**	0,481**	0,457**
Mg	0 - 5	0,309**	0,295**	0,208**	0,197**	0,241**	0,315**	0,617**	0,472**	0,582**	0,669**	0,651**	0,659**	0,285**	0,246**	0,411**	0,322**
K	0 - 5	0,339**	0,333**	0,109**	0,025	0,349**	0,385**	0,007	-0,064*	0,268**	0,307**	0,128**	0,134**	0,066**	0,081**	0,126**	0,121**
SB	0 - 5	0,428**	0,432**	0,293**	0,281**	0,306**	0,396**	0,572**	0,419**	0,598**	0,683**	0,681**	0,662**	0,570**	0,602**	0,493**	0,446**
Al	0 - 5	-0,152**	-0,139**	0,125**	0,005	-0,120**	-0,166**	-0,200**	-0,149**	-0,268**	-0,325**	-0,031	-0,052**	0,018	0,001	-0,008	-0,006
H+Al	0 - 5	-0,343**	-0,334**	-0,156**	-0,063*	-0,098**	-0,127**	-0,418**	-0,252**	-0,340**	-0,385**	-0,084**	-0,016	-0,307**	-0,273**	-0,304**	-0,276**
CTC	0 - 5	0,319**	0,341**	0,295**	0,346**	0,364**	0,470**	0,595**	0,482**	0,594**	0,680**	0,556**	0,593**	0,509**	0,574**	0,431**	0,388**
CTC ef	0 - 5	0,447**	0,453**	0,303**	0,283**	0,287**	0,368**	0,579**	0,428**	0,599**	0,685**	0,667**	0,647**	0,548**	0,576**	0,495**	0,447**
V%	0 - 5	0,397**	0,393**	0,196**	0,119**	0,163**	0,200**	0,483**	0,319**	0,506**	0,576**	0,280**	0,214**	0,430**	0,420**	0,384**	0,345**
P	0 - 5	0,151**	0,169**	-0,102**	-0,127**	-0,004	-0,111**	-0,125**	-0,149**	0,105**	0,159**	0,102**	0,088**	0,250**	0,297**	0,150**	0,276**
MO	0 - 5	0,086**	0,101**	0,252**	0,232**	0,288**	0,272**	0,128**	0,031	0,198**	0,242**	0,608**	0,575**	0,420**	0,443**	0,106**	-0,009
Fe	0 - 5	0,134**	0,100**	0,018	0,036	-0,277**	-0,218**	-0,132**	-0,140**	-0,244**	-0,296**	0,048*	0,047*	0,116**	0,053**	-0,160**	-0,262**
Mn	0 - 5	0,330**	0,338**	0,339**	0,319**	0,176**	0,336**	0,081**	0,040	0,303**	0,368**	0,294**	0,277**	-0,227**	-0,227**	0,153**	0,149**
Zn	0 - 5	0,121**	0,153**	-0,026	0,022	0,050	0,106**	0,158**	0,115**	0,179**	0,226**	0,182**	0,194**	0,145**	0,137**	-0,019*	-0,052**
Cu	0 - 5	0,098**	0,081**	0,204**	0,273**	0,248**	0,364**	0,641**	0,540**	0,403**	0,465**	0,110**	0,113**	0,068**	0,056**	0,137**	0,175**

PC: preparo convencional; PD: Sistema Plantio Direto; ILP: Integração Lavoura-Pecuária; PP: Pastagem permanente; CE30: condutividade elétrica aparente da camada 0 a 30 cm; CE90: condutividade elétrica aparente da camada 0 a 90 cm; DMPs: diâmetro médio ponderado via seca; DMPu: diâmetro médio ponderado via úmida; IEA: índice de estabilidade de agregados; MO: matéria orgânica do solo; * e **, P = 0,05 e P = 0,01, respectivamente.

Tabela 1. Continuação...

Atributos	Profundidade da amostra (cm)	PC		PD 1		PD2		PD3		ILP1		ILP2		PP		Área total	
		CE 30	CE 90	CE 30	CE 90	CE 30	CE 90	CE 30	CE 90	CE 30	CE 90	CE 30	CE 90	CE 30	CE 90	CE 30	CE 90
pH _{H2O}	5 - 15	0,355**	0,342**	0,281**	0,316**	0,615**	0,467**	0,267**	0,320**	0,528**	0,612**	0,411**	0,405**	0,435**	0,457**	0,379**	0,346**
Ca	5 - 15	0,377**	0,373**	0,340**	0,397**	0,678**	0,543**	0,360**	0,419**	0,608**	0,675**	0,634**	0,646**	0,481**	0,552**	0,521**	0,519**
Mg	5 - 15	0,316**	0,296**	0,309**	0,333**	0,677**	0,527**	0,281**	0,364**	0,594**	0,671**	0,627**	0,636**	0,251**	0,251**	0,453**	0,391**
K	5 - 15	0,291**	0,251**	0,105**	0,092**	0,154**	0,084**	0,284**	0,195**	0,217**	0,244**	0,059**	0,063**	0,375**	0,390**	0,210**	0,228**
SB	5 - 15	0,392**	0,380**	0,338**	0,383**	0,691**	0,545**	0,358**	0,416**	0,609**	0,680**	0,644**	0,655**	0,465**	0,517**	0,522**	0,500**
Al	5 - 15	-0,031	-0,007	-0,180**	-0,245**	-0,576**	-0,443**	-0,371**	-0,336**	-0,534**	-0,589**	-0,270**	-0,258**	-0,135**	-0,145**	-0,314**	-0,266**
H+Al	5 - 15	-0,251**	-0,225**	-0,255**	-0,261**	-0,571**	-0,420**	-0,226**	-0,222**	-0,447**	-0,474**	-0,327**	-0,312**	-0,221**	-0,232**	-0,328**	-0,288**
CTC	5 - 15	0,270**	0,299**	0,082**	0,147**	0,049	0,109**	0,036	0,101**	0,346**	0,421**	0,176**	0,202**	0,404**	0,463**	0,174**	0,203**
CTC ef	5 - 15	0,459**	0,452**	0,365**	0,400**	0,704**	0,560**	0,305**	0,400**	0,608**	0,682**	0,669**	0,684**	0,482**	0,537**	0,541**	0,530**
V%	5 - 15	0,340**	0,319**	0,293**	0,324**	0,654**	0,499**	0,268**	0,295**	0,589**	0,649**	0,546**	0,540**	0,391**	0,425**	0,464**	0,432**
P	5 - 15	0,122**	0,090**	-0,010	0,013	-0,007	-0,042	0,070*	-0,083**	0,267**	0,393**	-0,147**	-0,158**	0,050**	0,048*	0,168**	0,283**
MO	5 - 15	0,018	0,026	0,217**	0,302**	0,553**	0,471**	0,361**	0,355**	0,115**	0,160**	0,482*	0,425**	0,472**	0,552**	0,251**	0,247**
Fe	5 - 15	-0,116**	-0,127**	-0,207**	-0,240**	-0,516**	-0,416**	-0,275**	-0,344**	-0,559**	-0,615**	-0,650**	-0,663**	-0,479**	-0,540**	-0,444**	-0,410**
Mn	5 - 15	0,177**	0,170**	0,251**	0,355**	0,279**	0,203**	0,238**	0,388**	0,537**	0,639**	0,351**	0,319**	-0,318**	-0,372**	0,045**	-0,012
Zn	5 - 15	0,146**	0,104**	0,098**	0,176**	0,310**	0,230**	-0,033	0,065*	0,039	0,077**	0,107**	0,121**	0,015	0,005	0,031**	0,075**
Cu	5 - 15	0,055*	0,078**	0,290**	0,361**	0,643**	0,532**	0,350**	0,385**	0,479**	0,566**	0,351**	0,300**	0,162**	0,150**	0,244**	0,260**

PC: preparo convencional; PD: Sistema Plantio Direto; ILP: Integração Lavoura-Pecuária; PP: Pastagem permanente; CE30: condutividade elétrica aparente da camada 0 a 30 cm; CE90: condutividade elétrica aparente da camada 0 a 90 cm; DMPs: diâmetro médio ponderado via seca; DMPu: diâmetro médio ponderado via úmida; IEA: índice de estabilidade de agregados; MO: matéria orgânica do solo; * e **; P = 0,05 e P = 0,01, respectivamente.

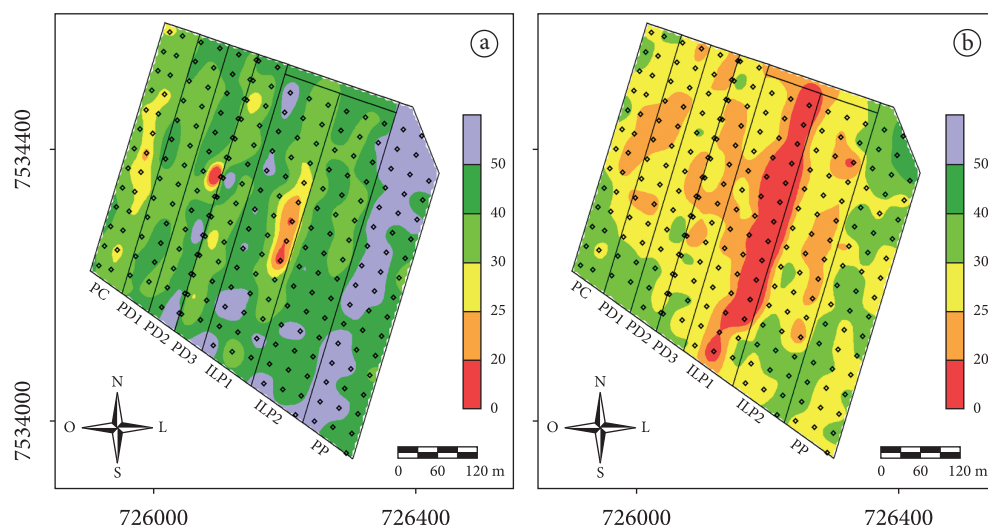


Figura 2. Distribuição espacial da matéria orgânica do solo (g kg^{-1}) nas camadas 0 a 5 cm (a) e 5 a 15 cm (b) de um Latossolo submetido a sistemas de manejo do solo. Os pontos no mapa indicam a grade de pontos de coletas das amostras de solo para determinações físicas e químicas. PC: Sistema Convencional; PD: Sistema Plantio Direto; ILP: Sistema de integração lavoura-pecuária; PP: pastagem permanente.

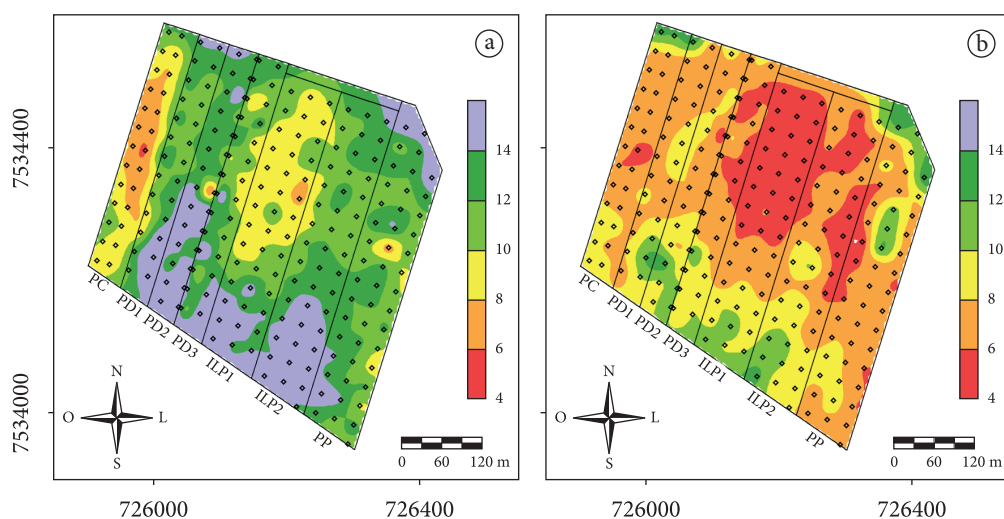


Figura 3. Distribuição espacial da CTC ef – capacidade de troca de cátions (cmolc.dm^{-3}) nas camadas 0 a 5 cm (a) e 5 a 15 cm (b) de um Latossolo submetido a sistemas de manejo do solo. Os pontos no mapa indicam a grade de pontos de coletas das amostras de solo para determinações físicas e químicas. PC: Sistema Convencional; PD: Sistema Plantio Direto; ILP: Sistema de integração lavoura-pecuária; PP: pastagem permanente.

as demais apresentavam apenas a resteva de aveia e trigo, pode justificar a diferença observada nos valores de CE e na correlação com os atributos químicos. De modo geral, foram encontradas maiores correlações para Ca, Mg, SB, CTC e matéria orgânica (MO) (Figuras 2 e 3).

4. Conclusões

A utilização das leituras de CE obtidas por meio do equipamento móvel (Veris) poderá possibilitar

a identificação e delimitação de áreas homogêneas do solo (zonas de manejo). Contudo, esta prática não deve ser realizada quando não houver conhecimento do histórico de manejo da área, pois nos diferentes sistemas de manejo avaliados, apenas em alguns se verificou correlação com atributos isolados do solo. Entre as diversas correlações avaliadas somente foi verificada bons ajustes para a capacidade de troca de cátions, no sistema de integração lavoura-pecuária.

Referências

CORWIN, D. L.; LESCH, S. M. Application of soil electrical conductivity to precision agriculture: theory, principles, and guidelines. **Agronomy Journal**, v. 95, n. 3, p. 455-471, 2003. <http://dx.doi.org/10.2134/agronj2003.0455>

MACHADO, P. L. O. A.; BERNARDI, A. C. C.; VALENCIA, L. I. O.; MOLIN, J. P.; GIMENEZ, L. M.; SILVA, C. A.; ANDRADE, A. G.; MADARI, B. E.; MEIRELLES, M. S. P. Mapeamento da condutividade elétrica e relação com a argila de Latossolo sob plantio direto. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 41, p. 1023-1031, 2006.

SALTON, J. C. **Matéria orgânica e agregação do solo na rotação lavoura-pastagem em ambiente tropical**. 2005. 158 f. Tese (Doutorado em Ciência do solo)-Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2005.

SIRI-PRIETO, G.; REEVES, D. W.; SHAW, J.; MITCHELL, C. The world's oldest cotton experiment: relationships between soil chemical and physical properties and apparent electrical conductivity. **Communications in Soil Science and Plant Analysis**, v. 37, p. 1-20, 2006.