

## **A VARIABILIDADE DE SALINIDADE DO SOLO NA ÁREA DO BANHADO (BAÍA/VAZANTE) NO PANTANAL DA NHECOLÂNDIA, MS<sup>1</sup>**

Ary Tavares Rezende Filho<sup>2</sup>  
Arnaldo Yoso Sakamoto<sup>3</sup>

**Resumo:** Este trabalho teve como objetivo mapear a variabilidade de salinidade do solo de uma área de Banhado (baía/vazante) na Fazenda Nhumirim no Pantanal da Nhecolândia. O procedimento utilizado foi o de prospecção geofísico superficial, através do aparelho EM38. Este método permitiu a aquisição de medidas indiretas de condutividade elétrica dos solos por indução eletromagnética, através do estabelecimento de uma malha regular de medidas com espaçamento de 10 metros entre cada ponto. As respostas das medidas do aparelho foram calibradas a partir da análise da estrutura da cobertura pedológica em uma topossequência com solos salinos, assim podendo correlacionar os resultados da condutividade elétrica com a estrutura morfológica do solo e com a vegetação. Os resultados, obtidos na área do Banhado (baía/vazante), permitiram elaborar um mapa de distribuição, sobre a base de um modelo de semivariograma linear, da organização espacial da salinidade.

**Palavras-chave:** Pantanal; condutividade elétrica; solos mineralizados.

**Abstract:** The objective of this work was to map soil salinity variability of a “baía/vazante” (Banhado) area in the Nhumirim Farm, sub-region of Nhecolândia, Pantanal wetland. The method applied was the superficial geophysical survey, using the EM38 device. It allows indirect measurements of soil electrical conductivity by electromagnetic induction, through the building of a net of regular measurements in the ground, using a distance of 10 meters between each point. Calibration of the results was made through soil survey, using the method of Structural Analysis of Pedological Cover in a toposequence involving saline soils. Hence, electrical conductivity, soils morphology, and vegetation distribution were correlated. The results allowed the elaboration of a map of salinity organization, over a layer of linear semivariogram model.

**Key words:** Pantanal wetland; electrical conductivity; saline soils.

<sup>1</sup> Este artigo é parte da dissertação de mestrado intitulada “ESTUDO DA VARIABILIDADE E ESPACIALIZAÇÃO DAS UNIDADES DA PAISAGEM: Banhado (baía/vazante), Lagoa Salina e Lagoa Salitrada no Pantanal da Nhecolândia, MS”, 2006. Curso de Pós-Graduação em Geografia, em nível de Mestrado, do Câmpus de Aquidauana, da Universidade Federal de Mato Grosso do Sul.

<sup>2</sup> Geógrafo

<sup>3</sup> Orientador Prof Dr. UFMS – Câmpus de Três Lagoas

## INTRODUÇÃO

O Pantanal Mato-grossense, situado no centro do continente sul-americano, é dado como a maior planície de inundação do mundo (POR, 1995), que corresponde a uma depressão tectônica recente. Apresenta terrenos planos, constituídos por sedimentos quaternários e sujeitos às inundações periódicas, tendo, conseqüentemente, um papel fundamental na regularização hídrica desta bacia (ALMEIDA, 1959; AB'SABER, 1972; EMBRAPA, 1987; DNOS, 1974; RADAMBRASIL, 1982 apud SAKAMOTO, 1993).

O pantanal da Nhecolândia representa a área de maior expressão geográfica na planície pantaneira, localizado em grande parte no município de Corumbá MS, limita-se ao norte e ao sul, respectivamente, pelos rios Taquari e Negro, a leste pela escarpa da Serra de Maracaju e a oeste pelo rio Paraguai, ocupando basicamente a parte sul do gigantesco leque aluvial do rio Taquari, resultante dos derrames aluviais de natureza silíco-arenosa provenientes do planalto arenítico de Maracaju. Vista de cima é facilmente identificável em relação às demais sub-regiões pantaneiras em virtude de sua fisionomia ser bastante típica, caracterizada por baías, salinas, cordilheiras, vazantes e campos limpos.

O Pantanal, à medida que nos dirigimos da escala macro regional a uma escala sub-regional, não se configura como uma unidade homogênea por toda sua extensão, pode-se distinguir no Pantanal algumas unidades homogêneas quando são considerados os gradientes topográficos e a área abrangida pelas inundações periódicas e irregulares do rio Paraguai, assim como as feições morfológicas do relevo, dos solos e da vegetação (SAKAMOTO, 1997).

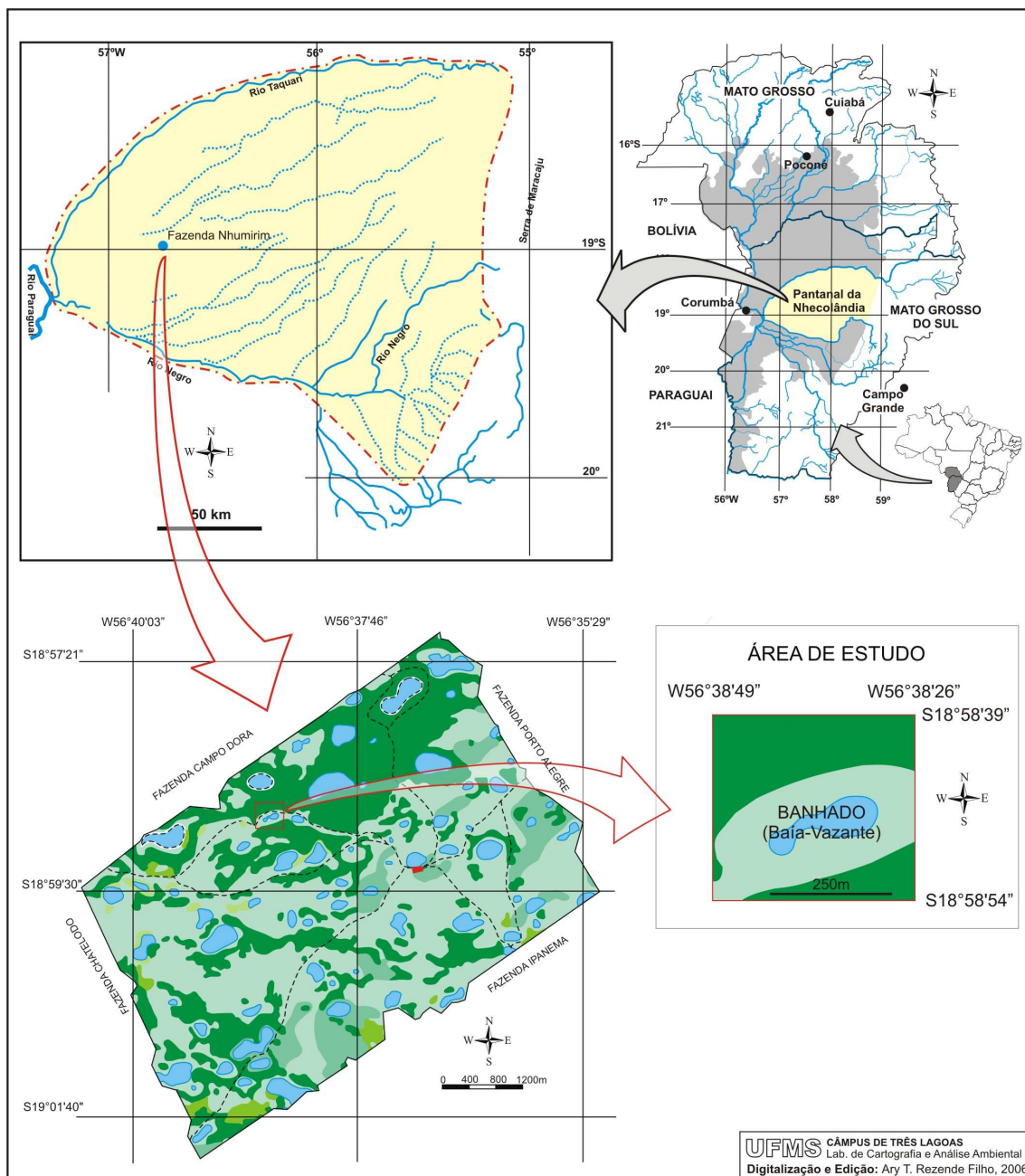
Os resultados de pesquisas recentes da geoquímica dos elementos maiores em amostras de água coletadas nas lagoas salinas, baías, vazantes, corixos e rios

do Pantanal da Nhecolândia, mostraram que a variabilidade química é resultante de processos atuais de concentração, via evaporação, e das precipitações salinas associadas a esta concentração, passando de um ambiente geoquímico ligeiramente ácido a outro fracamente alcalino e concentrado; é o resultado da concentração das soluções pela ação da evaporação e à ação de dois processos associados, a precipitação da calcita e de silicatos de magnésio. Estes processos seriam responsáveis pelas diferentes mineralizações que engendram a diferente fácies química observadas na região e correspondem a um equilíbrio atual (BARBIERO et al., 2000; BARBIERO et al., 2002), dos fluxos de águas nos processos de evolução e transformação da estrutura da cobertura pedológica e da paisagem.

O objetivo deste artigo é mapear a variabilidade de salinidade do solo de uma área de Banhado (baía/vazante) e apresentar um modelo de análise cartográfico através do uso de um método geofísico, por meio do aparelho EM38, na aquisição de dados de condutividade elétrica, visando mapear a organização espacial da salinidade e suas relações com o ambiente.

## **MATERIAIS E MÉTODOS**

O presente estudo foi realizado na área do Banhado (baía/vazante), numa área de aproximadamente 8 hectares da Fazenda Nhumirim, pertencente a Embrapa Pantanal, no Pantanal da Nhecolândia (Figura 1).



**Figura 1:** Localização da área de estudo.

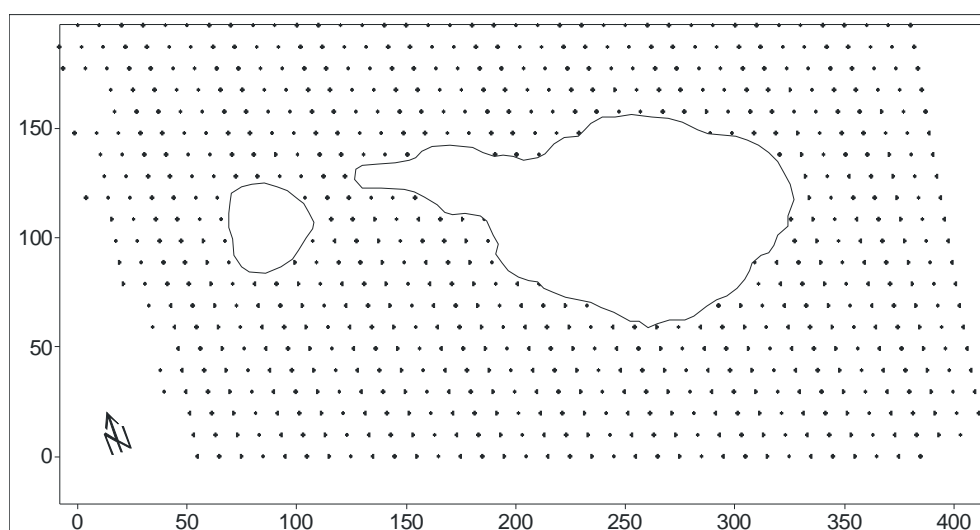
A área prospectada corresponde a uma lagoa não salina e seu entorno (Foto 1). Apesar desta área ser coberta por uma vegetação herbácea, distingue-se, entretanto uma certa organização da vegetação compreendida por uma área de campo encharcado/úmido com o predomínio das ciperáceas; seguido de campo limpo com predomínio de gramíneas, entre eles o capim mimoso; intercalado de campo sujo com predomínio de gramíneas e presença de assa-peixe e com uma

concentração isolada de palmeiras carandás (*Copernicia alba*), formando pequeno capão de mato circundado pelo campo sujo.



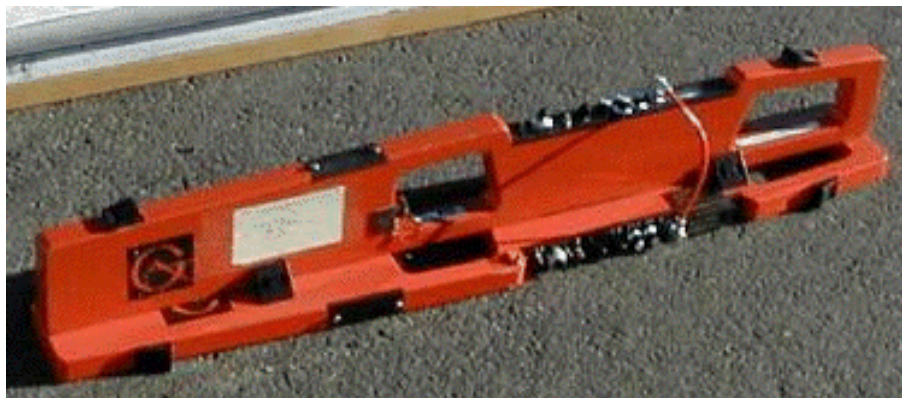
**Foto 1:** **A** - Vista em detalhe da concentração das palmeiras carandás, **B** – Vista Panorâmica do Banhado (baía/vazante).

O mapeamento das características específicas do solo foi realizado mediante medidas de condutividade eletromagnéticas de acordo com uma grade regular de 10m x 10m (Figura 2) em torno do banhado (baía/vazante). As medidas foram georeferenciadas com o auxílio de um aparelho de GPS (Sistema de Posicionamento Global), para aquisição dos dados de campo.



**Figura 2:** Malha regular 10x10 do Banhado (baía-vazante).

Em cada cruzamento da malha, foi efetuada uma medida de condutividade eletromagnética do solo, com o aparelho EM38 (Geonics Ltd, Ontário, Canadá) (Foto 2) que mede a condutividade elétrica do solo por indução eletromagnética.



**Foto 2** - Aparelho EM38 (Geonics Ltd, Ontário, Canadá).

O aparelho é portátil, com aproximadamente 5 Kg e um 1 metro de comprimento. A aquisição de dados é feita em cerca de 5 segundos. O essencial do tempo de prospecção é gasto com a locomoção do utilizador de um ponto de medida ao outro. As medidas são rápidas, feitas através de um visor no aparelho para realizar o registro e quanto organizada, permite o acompanhamento da distribuição da salinidade na área de estudo.

Todas as camadas do terreno não respondem da mesma forma. Assim, Mc NEILL (1980) estabeleceu curva teórica de contribuição à resposta do aparelho em função da profundidade. Geralmente, considera-se que a profundidade máxima de investigação é da ordem de 2 metros. Assim, podendo ser adaptado para a investigação de solos mineralizados, calibrou-se a resposta da condutividade elétrica da morfologia do solo através das informações medidas pelo aparelho geofísico EM38 na estrutura morfológica de um perfil de solo obtida através de uma topossequência da área investigada. Este modelo envolve a distinção de um número de pontos coletados com grau de precisão e criação de campos físicos que são

produzidos por um modelo físico. Desse modo, pode-se avaliar a eficiência de um método geofísico particular para uma dada estrutura.

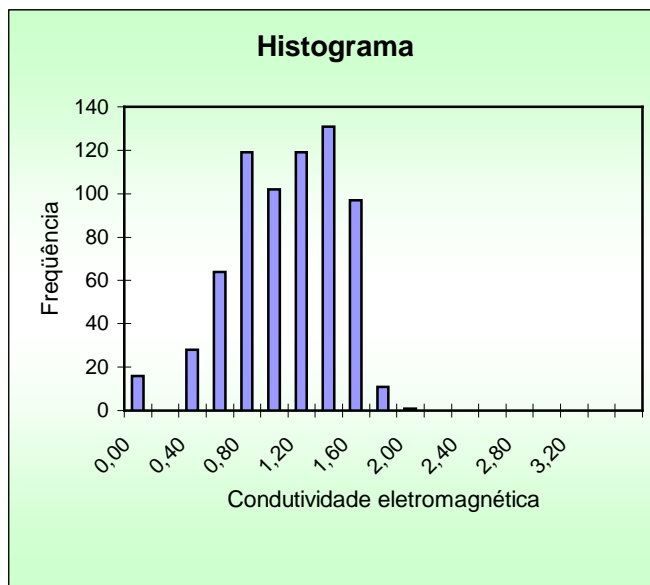
O tratamento geoestatístico da variabilidade espacial dos dados coletados foi testado por meio do estudo de semivariogramas, ferramenta básica de suporte às técnicas de krigagem. A normalidade da distribuição dos valores foi verificada por um teste  $Ki^2$ .

O mapa de krigagem foi elaborado a partir de modelos ajustados ao semivariograma estimado. O ajustamento entre o modelo e o semivariograma experimental foi realizado pelo método dos mínimos quadrados. O cálculo automático foi realizado graças ao modelo Surfer Golden Software.

## **RESULTADOS E DISCUSSÕES**

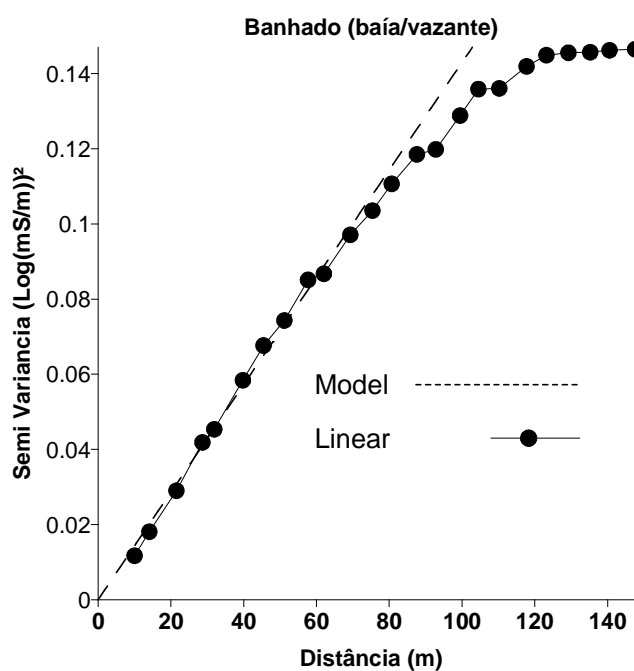
Os dados da condutividade eletromagnética apresentam uma variação muito elevada, de 20 a 120 mS/m. Assim configurando uma concentração muito forte em áreas isoladas e relacionada com a vegetação e o sistema pedológico.

A espacialização dos dados de condutividade eletromagnética do banhado (baía-vazante) não segue uma lei normal. Porém, ao verificar a validade dos dados através da transformação logarítmica dos valores de condutividade eletromagnética, esta fornece uma distribuição que se aproxima melhor de uma lei normal. Para uma melhor caracterização, utilizou-se o recurso gráfico de histograma, (Gráfico 1), mostrando que os dados são representativos para o método utilizado.



**Gráfico 1:** Histograma dos dados com transformação logarítmica de condutividade eletromagnética do banhado (baía/vazante).

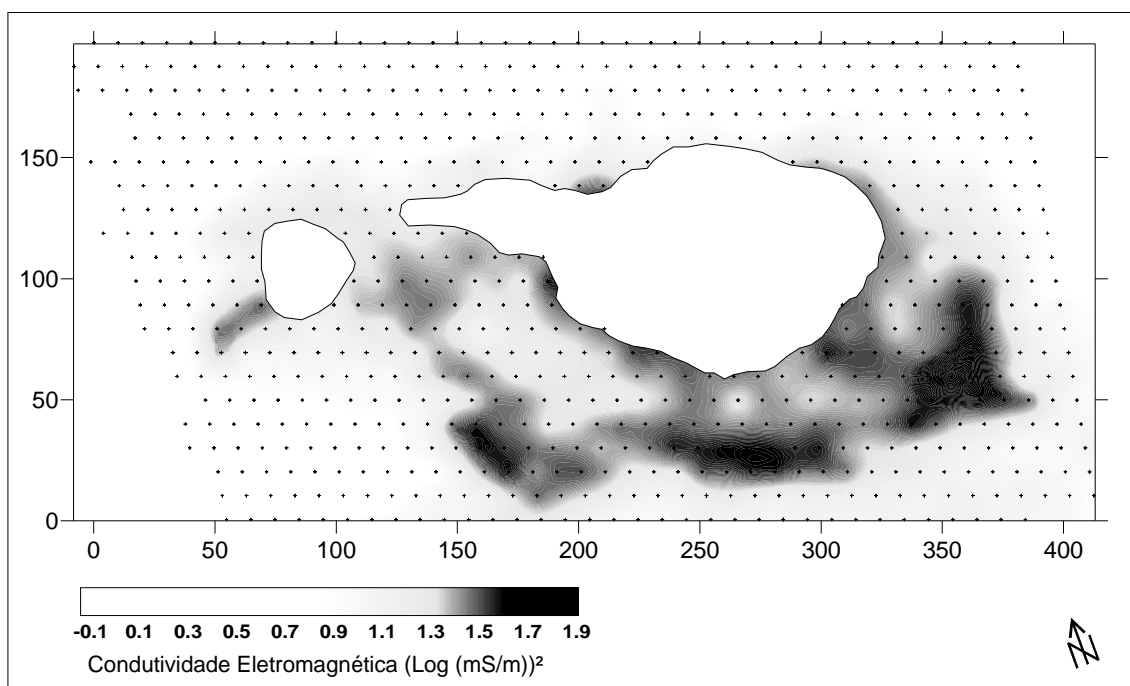
O semivariograma experimental (Gráfico 2), elaborado a partir dos dados transformados da condutividade eletromagnética foi melhor ajustado por um modelo do tipo linear sem efeito pepita, com declividade de  $0,00143 (\text{Log}(\text{mS}/\text{m}))^2/\text{m}$  e sem anisotropia.



**Gráfico 2:** Semivariograma dos dados com transformação logarítmica de condutividade eletromagnética do banhado (baía-vazante).



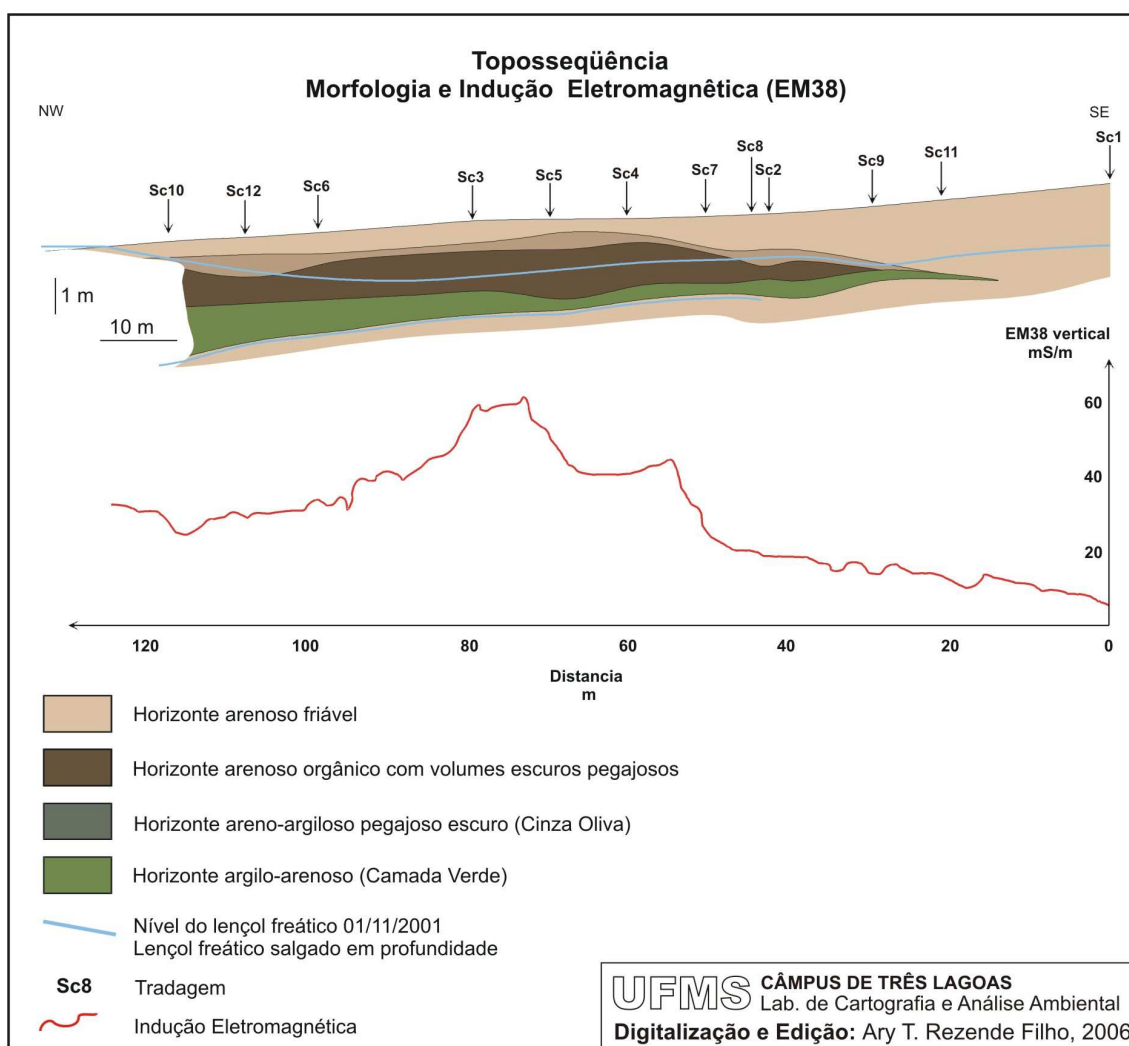
O mapa de condutividade eletromagnética revela valores mais elevados na parte sul e sudeste formando um semicírculo descontínuo entre 20 e 40 metros da borda da lagoa (Figura 3), onde se localizam as palmeiras carandá. Esta área corresponde a uma formação diferenciada da estrutura da cobertura pedológica, levantada em uma toposseqüência estudada paralelamente para a calibração do aparelho EM38.



**Figura 3:** Mapa dos dados com transformação logarítmica de condutividade eletromagnética do banhado (baía/vazante).

A toposseqüência que atravessa toda a porção sudeste, iniciando na borda da Baía, corta uma seção coberta por uma vegetação herbácea; distingue-se, entretanto, uma área de vegetação compreendida por uma zona de campo encharcado/úmido com aproximadamente 6 metros de extensão, com uma Ecm (condutividade eletromagnética) próxima 30 mS/m, com predomínio das *ciperáceas*; segue por uma seção de campo limpo, com predomínio de gramíneas, entre eles o capim mimoso, com aproximadamente 26,30 metros, com uma Ecm 20 mS/m; a seção seguinte de campo sujo, com predomínio de gramíneas e a presença de

assa-peixe, com aproximadamente 25,10 metros, apresenta um aumento gradativo da Ecm que varia em torno de 30 mS/m e alcança uma concentração máxima de 120 mS/m ao atingir a seção de 38,70 metros caracterizada por uma formação isolada de palmeiras carandá formando pequeno capão de mato, circundado pelo campo sujo. Ao atravessar as seções anteriores o perfil volta a ter as mesmas características de condutividade eletromagnética até o final da topossequência com 38,70 metros até atingir a borda da cordilheira, e com Ecm abaixo de 10mS/m que correspondente às mesmas medidas dos solos arenosos do restante da área estudada (Figura 4).



**Figura 4:** Morfologia do solo e indução eletromagnética (EM38).

A estrutura da cobertura pedológica apresenta uma diferenciação lateral ao longo do transecto partindo do NW para SE. Começa na borda da Baía e apresenta uma variação vertical com um horizonte arenoso superficial pouco espesso e em seguida uma camada arenosa com volumes pegajosos, gradativamente passando para um horizonte areno-argiloso seco ao tato e de cor esverdeada; as diferenças observadas ao longo da concentração deste sistema pedológico foram a variação de espessura da camada arenosa superficial como também a oscilação da profundidade do lençol freático ao longo da toposseqüência. A Baía em direção à cordilheira (sentido SE), o solo predominante é arenoso, da superfície do terreno até o lençol. Esta diferenciação lateral da cobertura pedológica também parece concordar com o aparecimento da salinidade e a presença de um segundo lençol freático confinado abaixo do horizonte esverdeado.

O sistema pedológico apresentado ao longo da toposseqüência e a presença da palmeira carandá juntamente com os dados do EM38 evidenciam uma forte relação da vegetação com a formação pedológica, mostrando ainda, que a zona salina corresponde a uma diferenciação pedológica que consiste no aparecimento de um horizonte esverdeado que se desenvolve acima de um horizonte de acumulação de matéria orgânica e a presença das palmeiras carandás, encontrados na parte externa da zona salina.

A área de estudo apresenta uma topografia ligeiramente ondulada, característica das chamadas zonas de campo desta região da Nhecolândia. Entretanto, as medidas de condutividade elétrica indicam uma grande variabilidade de salinidade no lençol freático e, isto, sem relação direta com a topografia. Esta variabilidade pode ser percebida na superfície do terreno pela distribuição da vegetação ao longo da toposseqüência. Este dado é novo e revelador, pois, até o

presente, considerava-se que as soluções concentradas estavam localizadas somente nas salinas.

Sobre a maior parte da área estudada, o solo é arenoso no conjunto do perfil até o lençol freático. Nas áreas onde a condutividade eletromagnética é elevada, observa-se um perfil de solo comportando, do topo até a base: um horizonte superficial arenoso e orgânico, seguido de um horizonte arenoso espesso, uma acumulação de matéria orgânica em profundidade e, seguida de um horizonte ligeiramente mais argiloso, esverdeado, cuja parte superficial se torna endurecida e de cor ferrugem em contacto com o ar. Morfologicamente, este perfil lembra o perfil de um Podzol, contudo, os traços pedológicos característicos que apresenta, tais como, instabilidade estrutural, pH elevado, acima de 9, confirmam uma diferenciação em via alcalina. A acumulação profunda de matéria orgânica, fina e sem elementos figurados, aparece como uma consequência da solubilização da matéria orgânica (ácidos húmicos e fúlvicos) em meio alcalino.

O semivariograma da condutividade eletromagnética é do tipo linear sem efeito pepita, o que indica que a variabilidade a curtas distâncias, quando executada através do EM38, é melhor captada pelas medidas rápidas e com uma densidade de medidas aceitável. Sendo assim, os dados coletados indicam uma variabilidade em pequena escala para captar a organização da salinidade e pode identificar com precisão a organização espacial da salinidade do lençol freático, relacionando-a com as diferenciações pedológicas e sua correspondente cobertura vegetal. O método geofísico, com o uso do EM38, por indução eletromagnética nos dois primeiros metros do solo, apresentou uma boa resposta na delimitação das áreas que apresentam alta concentração de salinidade, e a sua adaptação também nos permite fazer uma co-relação entre a salinidade - sistema pedológico - cobertura

vegetal, aparentemente nos revelando os indicadores necessários para identificar as áreas com concentração de salinidade fora das áreas com ligação diretas com as Lagoas Salinas.

Através dos dados coletados com EM38, a ocorrência da palmeira carandá próxima à Baía serve como um indicador na identificação das áreas de alta concentração de salinidade, pois elas são comuns nos ambientes salinos entre a cordilheira e a praia das Lagoas Salinas.

### **CONSIDERAÇÕES FINAIS**

Os principais resultados do presente trabalho, efetuado no entorno de uma lagoa não salina Banhado (baía/vazante) na Fazenda Nhumirim, mostram a existência local de lençol freático salgado, fora de um contexto de uma salina. Este resultado é inédito, pois, até então, não havia sido assinalado nesta região do Pantanal. A presença de sais no lençol é correlacionada a uma diferenciação pedológica, sem que o processo de evolução possa estar ligado diretamente ao ambiente salino.

As diferenciações pedológicas definem um perfil que morfologicamente, poderia lembrar um perfil de Podzol, mas cujas características químicas traduzem nitidamente, uma diferenciação alcalina. As variações de salinidade do lençol são muito mais abruptas que as variações nos parâmetros de superfície, tais como, topografia e altura do lençol. A utilização de método de prospecção geofísico é particularmente recomendável para delimitar o contorno das zonas salinas.

Uma boa relação foi estabelecida com a distribuição das palmeiras carandás na área estudada, assim como as diferenciações pedológicas. Este tipo de

prospecção se revela, portanto, como um excelente método para a espacialização desse sistema pedológico. O uso do método geofísico de acesso indireto através de medidas rápidas de superfície sem provocar alterações no ambiente, com o emprego do aparelho EM 38, permite em menos tempo adquirir uma quantidade de dados muito maior e menos tempo de aquisição no campo que nos leva a um resultado satisfatório e confiável da distribuição da salinidade e a sua relação com as unidades pedológicas e a vegetação.

### REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BARBIÉRO, L.; QUEIROZ NETO, J. P.; CIORNEI, G.; SAKAMOTO, A.; CAPELLARI, B.; FERNANDES, E.; VALLES, V. **Geochemistry of water and groundwater in the Nhecolândia, Pantanal of Mato Grosso, Brazil: variability and associated processes**. *Wetlands*, v.22, n.3, 2002. 528-540p.

BARBIÉRO, L.; QUEIROZ NETO, J. P.; GILLES C.; SAKAMOTO A.; BENJAMIN, C. 2000. **Geoquímica das águas de superfície e dos lençóis freáticos da Nhecolândia, Pantanal de Mato Grosso (MS Brasil)**. In: SIMPÓSIO SOBRE RECURSOS NATURAIS E SÓCIO-ECONÔMICOS DO PANTANAL, 3, 2000, Corumbá. Resumos... Corumbá: Embrapa Pantanal, 2000. 41p.

Mc NEILL, J. D. **Electromagnetic terrain conductivity measurement at low induction numbers**. Ontário, Canadá: Tech. Note TN-6, Geonics Limited, 1980.

POR, F. D. **The Pantanal of Mato Grosso (Brazil) World's Largest Wetlands**. Monographiae Biologicae volume 73. Kluwer Academic Publisher. Dordrecht/ Boston/ London. Printed in the Netherlands: 1995, 123p.

SAKAMOTO, Y. A, **Experimentos de campo pedo-climáticos e perspectivas de pesquisa científica no Pantanal da Nhecolândia**. In: **Anais do 4º Encontro Nacional de Estudos sobre Meio Ambiente**, Coordenação Departamento de Geografia da UFMT, editora da UFMT, Cuiabá MT, 1993. 340-364p.

SAKAMOTO, Y. A. **Dinâmica hídrica em uma "Salina" e seu entorno e ocupação, Fazenda São Miguel do Firme, MS**. Tese (Doutorado) Faculdade de Filosofia, Letras e Ciências Humanas. Universidade de São Paulo, São Paulo, 1997.