



UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA
INSTITUTO DE CIÊNCIAS HUMANAS
DEPARTAMENTO DE GEOGRAFIA

**ANÁLISE DA SUSCETIBILIDADE MAGNÉTICA DE SOLOS SUPERFÍCIAS
DE VEGETAÇÃO NATIVA DE UM TRANSECTO ENTRE CERRADO E
PANTANAL NORTE E SUA RELAÇÃO COM A PAISAGEM**

Pablo Nepomuceno Pereira

BRASÍLIA, DISTRITO FEDERAL

Fevereiro de 2025

UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA
INSTITUTO DE CIÊNCIAS HUMANAS
DEPARTAMENTO DE GEOGRAFIA

**ANÁLISE DA SUSCETIBILIDADE MAGNÉTICA DE SOLOS SUPERFÍCIAS
DE VEGETAÇÃO NATIVA DE UM TRANSECTO ENTRE CERRADO E
PANTANAL NORTE E SUA RELAÇÃO COM A PAISAGEM**

Pablo Nepomuceno Pereira

Orientador: Dr. Vinicius Vasconcelos de Souza

Trabalho de conclusão de curso
apresentado ao Departamento de
Geografia da Universidade de Brasília
como requisito para a obtenção do título
de bacharel e licenciado em Geografia.

BRASÍLIA, DISTRITO FEDERAL

Fevereiro de 2025

FICHA CATALOGRÁFICA

PEREIRA, PABLO NEPOMUCENO

**ANÁLISE DA SUSCETIBILIDADE MAGNÉTICA DE SOLOS SUPERFÍCIAS DE
VEGETAÇÃO NATIVA DE UM TRANSECTO ENTRE CERRADO E PANTANAL
NORTE E SUA RELAÇÃO COM A PAISAGEM.** 27 páginas.

Trabalho de conclusão de curso – Departamento de Geografia, Instituto de Ciências Humanas – Universidade de Brasília – UnB, 2025.

1. Cerrado – 2. Solos Superficiais – 3. Suscetibilidade Magnética.

É concedida à Universidade de Brasília permissão para reproduzir cópias desta monografia e emprestar ou vender tais cópias somente para propósitos acadêmicos e científicos. O autor reserva outros direitos de publicação e nenhuma parte desta monografia pode ser reproduzida sem a autorização por escrito do autor.

Pablo Nepomuceno Pereira

Fevereiro de 2025

UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA

INSTITUTO DE CIÊNCIAS HUMANAS

DEPARTAMENTO DE GEOGRAFIA

**ANÁLISE DA SUSCETIBILIDADE MAGNÉTICA DE SOLOS SUPERFÍCIAS
DE VEGETAÇÃO NATIVA DE UM TRANSECTO ENTRE CERRADO E
PANTANAL NORTE E SUA RELAÇÃO COM A PAISAGEM**

Pablo Nepomuceno Pereira

Trabalho de conclusão de curso apresentado ao Departamento de Geografia da Universidade de Brasília como requisito para a obtenção do título de bacharel e licenciado em Geografia.

Aprovado por:

Vinicius Vasconcelos de Souza. Doutor (GEA-UNB)

(Orientador)

Kathleen Fernandes Braz

(Examinadora Externa)

João Paulo Sena Souza

(Examinador Externo)

Brasília-DF, 21 de fevereiro de 2025

AGRADECIMENTOS

Agradeço, primeiramente, à minha família, em especial minha mãe Eliana Nepomuceno Mesquita e ao meu pai Jean Marcos da Silva Pereira, que foram minha base e minha estrutura desde o meu nascimento e que sem essa base e estrutura eu não conseguiria ter desenvolvido esse trabalho.

A minha namorada, Flora de Sá Rocha, que foi meu porto seguro em minha jornada, me apoiando, tranquilizando, incentivando e depositando toda a confiança em mim. Obrigado por ser uma das pessoas que mais me incentivam a ser uma pessoa melhor, seja no ambiente acadêmico ou pessoal.

Aos meus amigos, Eduardo Afonso Dutra, Virgínia Cardoso, Nicole Cerqueira, Daniel Costa e Barbara Pires, pelos anos de amizade, pelo companheirismo e confiança que vocês depositam em mim, acredito que todos vocês fizeram parte desse processo e sou verdadeiramente grato por isso.

Aos meus amigos dentro da Geografia, Ashley Monique, Bruno César, Guilherme Breder e Manuela de Jesus, que participaram dessa jornada de perto deixando esse caminho mais leve, compartilhando problemas e soluções, tanto da faculdade quanto da vida.

Agradeço também ao meu orientador Prof. e Dr. Vinicius Vasconcelos de Souza, por todos os ensinamentos, broncas, conversas e reuniões que tivemos, foi uma honra trabalhar com tal profissional que se dedicou tanto a me ensinar e que teve bastante paciência comigo.

Por fim, agradeço a todos os meus amigos e familiares que não foram citados, todos vocês fazem parte da minha história, e me ajudaram de alguma forma a concluir esse trabalho.

*"Os biomas brasileiros são riquezas naturais que precisam ser estudadas e
respeitadas."*

Aziz Ab'Saber

RESUMO

O presente estudo foi realizado no transecto Itaguari (GO) – Poconé (MT), entre os estados de Goiás e Mato Grosso passando pelos biomas Cerrado e Pantanal. O objetivo foi caracterizar os solos superficiais do transecto por meio da suscetibilidade magnética e os relacionar com a paisagem. Foram selecionadas 50 amostras de solos superficiais previamente coletadas na profundidade de 0-20 cm, a granulometria das amostras foi realizada por meio do método do densímetro. A SM foi determinada em um no equipamento MS2 *Magnetic Susceptibility System* da Bartington. O carbono orgânico utilizado nesse trabalho, foi previamente determinado por um analisador elementar que determina a concentração de C total por combustão. Ainda foram obtidos dados morfométricos (Declividade e Elevação) a partir de uma imagem Shuttle Radar Topography Mission (SRTM). Para análise estatística foi utilizado a Regressão Linear e a Análise de Componentes Principais (ACP). A paisagem foi dividida pelos biomas Cerrado e Pantanal, definido pelas diferenças geomorfológicas e geológicas das duas regiões. Os resultados da ACP da 1^oCP e 2^oCP explicaram 74,70% da variação dos dados e refletiram na separação dos biomas. As variáveis que mais contribuíram com ACP em ordem decrescente foram: Elevação (23,10%), SM (21,79%), Argila (20,44%) e Carbono (18,45%). O Cerrado e o Pantanal apresentaram valores opostos em relação a Elevação, SM e Declividade com valores maiores sendo localizados no Cerrado. No Pantanal os valores mais altos apresentados foram nas variáveis C e Argila. A SM demonstrou ser uma importante variável para caracterização da paisagem por conjugar elementos geológicos e pedológicos, principalmente na relação entre mineralogia e carbono. Essa interação se reflete na paisagem com a separação dos biomas dentro da ACP em que a SM foi a segunda variável mais importante para descrição dos dados.

Palavras-Chaves: Cerrado, solos superficiais, suscetibilidade magnética.

LISTA DE FIGURAS

Figura 01 – Mapa de localização dos pontos de coleta de solos superficiais da área de estudos no transecto Itaguari (GO) – Poconé (MT).

Figura 02 – Mapa de elevação dos pontos de coleta de solos superficiais da área de estudos no transecto Itaguari (GO) – Poconé (MT).

Figura 03 – Gráficos de Regressão linear das amostras presentes no Cerrado (azul) e Pantanal (verde). (A) Correlação da Suscetibilidade Magnética com a Argila. (B) Correlação da Suscetibilidade Magnética com a Areia. (C) Correlação da Suscetibilidade Magnética com a Argila, no Pantanal. (D) Correlação da Suscetibilidade Magnética com a Areia, no Pantanal. (E) Correlação da Suscetibilidade Magnética com o Carbono. (F) Correlação da Suscetibilidade Magnética com o Carbono, nas amostras coletadas no Bioma Pantanal. (G) Correlação da Suscetibilidade Magnética com a Elevação. (H) Correlação da Suscetibilidade Magnética com a Elevação, nas amostras coletadas no Bioma Pantanal.

Figura 04 – Gráfico de Dispersão de componentes principais a partir das diferenças dos biomas Cerrado e Pantanal.

LISTA DE TABELAS

Tabela 01 – Análises de susceptibilidade magnética (SM), granulométricas, carbono (C) dos solos e Morfometria por bioma dos pontos do transecto Itaguari (GO) – Poconé (MT).

Sumário

1. INTRODUÇÃO.....	11
2. MATERIAL E MÉTODOS	14
2.1. Análise Laboratorial.....	16
2.2. Dados Espaciais	16
2.3 Análise Estatística	16
3. RESULTADOS	17
3.1. Suscetibilidade Magnética e Paisagem.....	17
3.2. Análise Multivariada	20
4. DISCUSSÃO	21
5. CONCLUSÃO.....	22
6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	23

1. INTRODUÇÃO

O bioma Cerrado ocupa a porção central do território brasileiro e está localizado entre os biomas da Amazônia, Caatinga, Pantanal e Mata Atlântica o que reflete em uma variação fitofisionômica vasta entre formações savânicas, campestres e florestais (Ribeiro e Walter, 2008). Dentro dos limites do Cerrado é possível observar diferentes paisagens de acordo com a sua localização. Para compreender melhor esse bioma, pesquisadores tem observado a relação da vegetação com a geodiversidade, geologia e geomorfologia (Steinke, 2021) e com regionalização da biodiversidade por meio da delimitação de ecorregiões, utilizando a geologia, geomorfologia, clima e solos (Sano et al., 2019).

De acordo com Lira- Martins et al., (2022), os diferentes tipos de solos do Cerrado são baseados nos seus atributos físicos e químicos, provenientes do material de origem associado à localização na paisagem. A mineralogia do solo é determinante para a formação das fitofisionomias do Cerrado, pois o material de origem do solo é fundamental para a disponibilidade de nutrientes que permitam o desenvolvimento e adaptação das plantas. De acordo com Neri, et al., (2013), as características do solo são fundamentais para a compreensão das fitofisionomias do Cerrado e sua estrutura, sendo o alumínio (Al_{3+}) fundamental para os ecossistemas desse bioma. Outrora, apesar dos baixos valores de fósforo (P) no solo encontrados no presente estudo, o elemento foi relevante para a manutenção das formações florestais do Cerrado (Neri et al., 2013).

No caso do Pantanal, o elemento da paisagem mais preponderante é o clima e consequentemente a hidrosfera, caracterizada pela inundação sazonal das planícies que afeta diretamente as formações vegetais, como também, a composição física, química e morfológica dos solos hidromórficos da região como estudado por Coringa, et al., (2012). De acordo com Zeilhofer e Schessl, (2000), as formações vegetais são determinadas pelo regime hídrico e da textura dos solos do bioma, pois são fatores determinantes para evidenciar as diferenças das formações campestres e florestais. Os processos deposicionais e de formação dos solos do Pantanal são fundamentais para a sua composição química, que ocorrem diversas mudanças por conta das inundações sazonais (Coringa, et al., 2014). Os solos presentes no Pantanal se caracterizam por sua textura arenosa, sua baixa capacidade de retenção de cátions e ânions e menor concentração de matéria orgânica. Entretanto, em áreas livres de inundações e de vegetação arbórea, retrataram maiores acúmulos de matéria orgânica, o que consequentemente influencia na quantidade de carbono presente nos solos, demonstrando que a vegetação possui influência na pedogênese (Cardoso, et al., 2016).

Em vegetação nativa, os aspectos de formação dos solos são determinantes para descobrir o quanto de fertilidade natural os solos do cerrado podem fornecer para as fitofisionomias presentes, como visto por Skorupa,et al., (2012), e o quanto que essas formações vegetais podem influenciar nos solos pela concentração de matéria orgânica e consequentemente de carbono orgânico nas camadas superficiais do solo. Como apresentado por Almeida & Sanches, (2014), a quantidade de carbono (C) presente no solo é definida por fatores como o clima, a textura e estrutura do solo, contudo, o acúmulo de resíduos vegetais nas camadas superficiais do solo aumenta a quantidade de carbono orgânico, por meio de sua decomposição. Em condições de vegetação no seu estado

natural, o carbono orgânico apresenta estabilidade, variando de acordo com a disponibilidade de resíduos vegetais e de textura dos solos, com solos argilosos apresentando valores maiores em comparação aos solos arenosos (Borges, et al., 2015). O teor de matéria orgânica (MO) do Cerrado é bastante variado, Mendes (1967) observou que os teores de MO dos solos estudados variam entre 1,81% à 2,60%. De acordo com compilado de informações do Cerrado organizado pelo professor Leopoldo Magno Coutinho, é possível afirmar que teor de matéria orgânica do Cerrado varia em geral entre 3 e 5% (Coutinho, 2000). No Pantanal os valores de MO são menores não passando de 1% com uma dinâmica sensível decorrente dos processos de inundações, solos pouco argilosos e lenta decomposição da biomassa (Fernandes et al., 2002; Weber & Couto, 2008)

As variáveis mais importantes para estudo de solos superficiais são a Matéria Orgânica, Carbono Orgânico (EMBRAPA, 2018) e o Estoque de Carbono mais recentemente decorrente do papel do solo em conter perdas de carbono para atmosfera (Zomer et al., 2017). Essas variáveis definem, por exemplo, os diferentes horizontes A diagnóstico, e classes como os Organossolos e Chernossolos do Sistema Brasileiro de Classificação de Solos. Embora essas variáveis expliquem a dinâmica da MO intrinsecamente relacionada com a cobertura do solo, sua estabilidade está associada com outras variáveis do solo como o teor de argila e a mineralogia. A interação de compostos orgânicos com a superfície mineral tem sido considerada como um dos principais mecanismos de estabilização da matéria orgânica (MO) e consequentemente da retenção do C no solo (Von-Lutzow, et al., 2006; Kleber et al., 2007). Em regiões tropicais os óxidos de Fe e Al são os principais minerais capazes de aumentar os níveis de estabilidade da MOS, por meio de interações organo-minerais (Basile-Doelsch et al., 2005; Kaiser et al., 2007; Coward et al., 2017). Kirsten et al., (2021) sugerem que certas combinações mineralógicas nos trópicos úmidos minimizam as perdas de MOS das regiões tropicais durante a conversão da terra, promovendo a estabilização do carbono orgânico. Neste estudo, a conjunção de grandes quantidades de óxidos de Fe com baixo teor de argila aluminosa causou o acúmulo mais forte de carbono orgânico associado a minerais, uma baixa respiração do solo, uma alta estabilidade do carbono orgânico contra a oxidação química e uma alta persistência do carbono orgânica durante a mudança de uso da terra.

Compreender a relação solo-paisagem consiste em entender que a variabilidade das características físicas e químicas dos solos são diretamente dependentes da posição do solo na paisagem, pois são influenciados pelos processos de formação da paisagem como a drenagem, erosão e deposição (Meireles, et al., 2012). Nesse sentido, a formação da paisagem auxilia na compreensão da formação dos solos em sua relação com a geologia e geomorfologia local (Netra, et al., 2018; Barbosa, et al., 2009). Por outro lado, os solos também são fundamentais para interpretar a formação da paisagem. Como observado por Minasny, et al., (2015), os solos são tridimensionais e sua estrutura, textura e carbono orgânico influenciam diretamente o escoamento superficial, o fluxo subsuperficial e a redistribuição de massa que consequentemente modifica e molda a paisagem.

A mineralogia do solo é um componente fundamental no processo de análise, pois auxilia em determinar agrupamentos através dos processos de análise pedológica e

geológica ao longo da paisagem. Motta et al., (2002) descreveram uma sequência regional de solos na paisagem com variação correlacionada à três superfícies geomorfológicas, sendo a primeira superfície definida como as chapadas que mais apresentaram o ferro (Fe_2O_3), que devido a saturação sazonal de alguns solos, é a superfície geomórfica que resulta na redistribuição do ferro para as outras superfícies. A terceira superfície é a mais recente e, portanto, evidencia melhor a relação dos solos com o material de origem. A segunda superfície geomorfológica é a que apresenta os valores de Fe_2O_3 semelhantes ao da primeira superfície, entretanto, são o resultado do material depositado pela erosão com o próprio material de origem também altamente intemperizado, sendo assim, uma superfície de transição da primeira e terceira superfícies. Por meio disso, os óxidos de ferro como a hematita (Hm) e a goethita (Gt) são minerais fundamentais para a compreensão da relação solo-paisagem.

Segundo o estudo apresentado por Barbosa et al., (2009), a composição mineralógica dos solos foi determinante para compreender a distribuição de Latossolos Vermelhos (LV), Latossolos Vermelho-Amarelos (LVA) e Cambissolos (C) em duas topossequências distintas na região das Chapadas Elevadas do Distrito Federal, pois a variação nas proporções entre gibbsita/caulinita e hematita/goethita evidenciam a diferença no grau de evolução e do material de origem em solos de classificações semelhantes. Silva, et al., (2020) demonstraram que a Hm se concentra em paisagens mais estáveis e em solos mais desenvolvidos com boa drenagem, por conta da influência do grau de dissecação do relevo. Por outro lado, a Gt apresentou maior concentração em áreas deprimidas próximas ao nível de base, com solos menos intemperizados. Dessa forma, a variabilidade no teor de ferro (Fe_2O_3) encontrados nos solos, está relacionado com o grau de dissecação da paisagem e o seu material de origem.

Os processos geomorfológicos são fundamentais para a redistribuição do ferro nas camadas mais superficiais do solo, portanto, a suscetibilidade magnética (SM) é um método capaz de evidenciar os processos de pedológicos através da mineralogia dos solos (Mello, et al., 2020). Santos., et al., (2022), observaram que a variação dos valores da SM é correlacionada positivamente com os valores de (Fe_2O_3) e argila presentes nos solos. Dessa maneira, diversos estudos abordam a suscetibilidade magnética como um parâmetro chave para entender a pedogênese de uma região, devido à presença de óxidos de ferro como a hematita (Hm) e a goethita (Gt), (Silva, et al., 2020; Cervi, et al., 2019; Teixeira, et al., 2018). Outrora, a SM vem sendo utilizada em diversos outros estudos como: método indireto para identificar processos erosivos (Santos, et al., 2013), identificação e espacialização de solos hidromórficos (Monteiro, et al., 2024), identificar e mapear unidades geomórficas para o uso e ocupação do solo (Matias, et al., 2015), e como método de estimar a capacidade de suporte do solo em áreas de manejo (Peluco, et al., 2013).

Nesse sentido, a análise de susceptibilidade magnética (SM) apresenta um potencial para caracterizar solos superficiais do Cerrado. De acordo com Cardoso, et al., (2016), a SM é determinada pela mineralogia do solo, pois a determinação da SM se dá pela aplicação de um campo magnético no solo cujo resultado depende de sua formação

mineral, no caso, se há ou não a presença de minerais ferrimagnéticos em sua composição e em qual quantidade. Em estudo a partir de dados secundários Barbosa et al., (2021) mapearam a SM do Brasil e observaram a diminuição da SM entre Brasília em direção ao Pantanal Norte, identificaram que os óxidos de ferro e a Argila são as variáveis mais importantes do solo para prever a SM de um local. Barrios et al., (2017), ao correlacionar a SM com a textura do solo, identificaram mudanças de características físicas, químicas e mineralógicas em Latossolos. Matias et al., (2013) observaram que os solos de classificações semelhantes, porém em diferentes localidades na paisagem já apresentaram valores diferentes de SM, demonstrando que a variação da suscetibilidade magnética pode ser uma ferramenta de pesquisa viável para a caracterização dos solos e da paisagem. Dessa forma, o objetivo dessa pesquisa é analisar a suscetibilidade magnética de solos superficiais em vegetação nativa do Cerrado e Pantanal no transecto Itaguari (GO) – Poconé (MT) e sua relação com a paisagem.

2. MATERIAL E MÉTODOS

Nesse trabalho foram utilizadas as amostras de solos já coletadas no âmbito do projeto Desenvolvimento e aperfeiçoamento de metodologias baseadas em marcadores moleculares e isótopos estáveis aplicáveis no combate aos crimes de contra a fauna brasileira. Esse projeto foi aprovado no edital pró-forense nº25/2014 e concluído ao final de 2019. Decorrente de várias campanhas campo, atualmente o Laboratório de Solos e Vegetação do Departamento de Ecologia da Universidade de Brasília Campus Darcy Ribeiro detém uma pedoteca de mais 600 amostras de solos principalmente nas áreas de Cerrado disponível para estudos acadêmicos coletadas com trado holandês. As amostras foram armazenadas após secas ao ar e peneiradas em malha de 2 mm.

Essa pesquisa foi realizada em um transecto entre Goiás e Mato Grosso do Sul com cerca de 50 amostras coletadas em 13 municípios diferentes, a coleta iniciou- se no município de Itaguari (GO) e finalizou no município de Poconé (MT). A área de estudo abrange regiões do bioma Cerrado e Pantanal, nesse sentido as características dos compartimentos geológicos, geomorfológicos e de solos foram avaliadas separadamente em cada bioma (Figura 01).

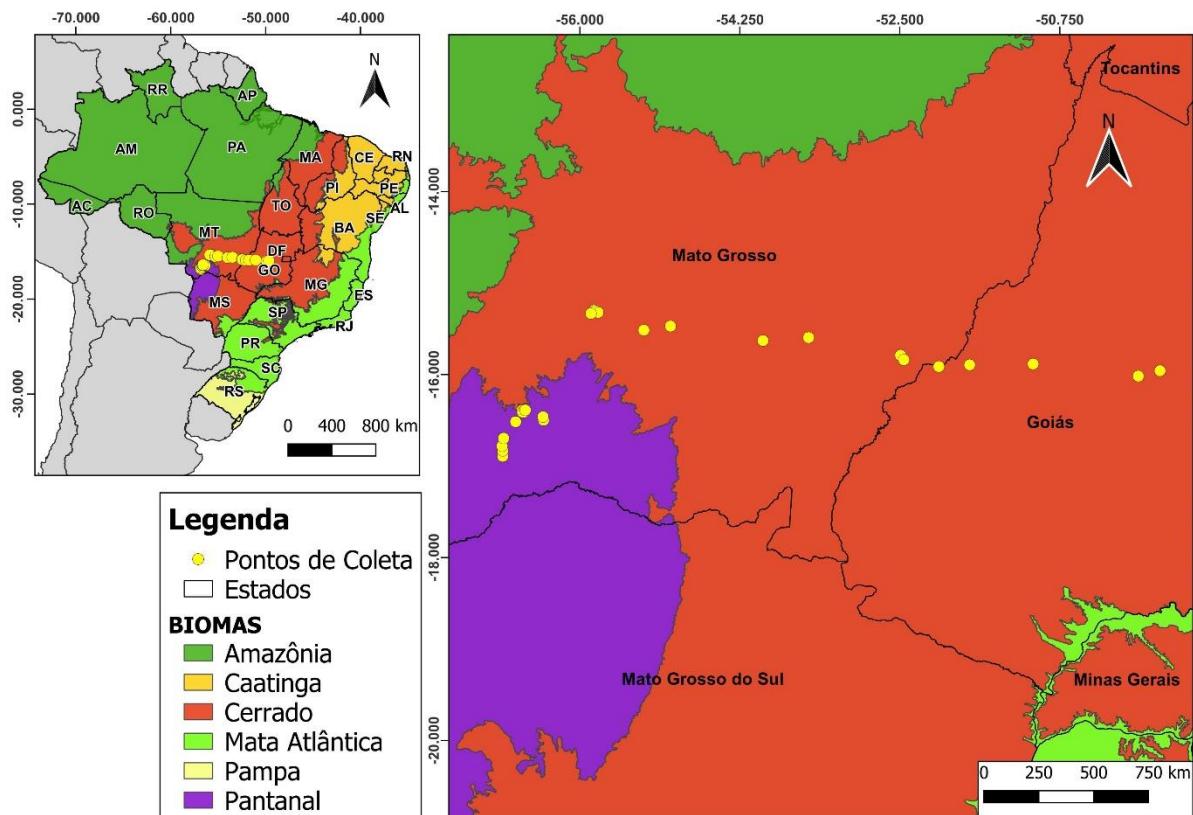


Figura 01 – Mapa de Localização dos pontos de coleta de solos superficiais da área de estudos no transecto Itaguari (GO) – Poconé (MT).

De acordo com o Banco de Informações Ambientais (BDIA) do IBGE, (2023) a região apresenta no total onze unidades geomorfológicas, com **sete** delas encontradas no bioma Cerrado e outras **quatro** pertencentes ao bioma Pantanal. No estado do Goiás (GO), encontram-se quatro unidades geomorfológicas: Superfícies Intermontanas do Alto Maranhão; Superfície Piranhas – Claro; Superfície Central do Médio Araguaia; Superfície de Torixoréu - Montes Claros de Goiás. Dessa forma, no estado do Mato Grosso (MT), existem cinco unidades geomorfológicas com três delas dentro do Cerrado: o Planalto dos Alcantilados do Médio Araguaia, a Chapada dos Guimarães e a Depressão Cuiabana; e outras duas unidades no Pantanal: Planícies e Pantanais dos Rios Paraguai e Cuiabá; Pantanal do Poconé. No estado do Mato Grosso do Sul (MS) as unidades são: Pantanal do Taquari - Nhecolândia - Paiagás, e o Pantanal do Miranda-Aquiduana.

No contexto geológico, a região pertencente ao Cerrado, abrange seis formações geológicas, Moraes (2014), sendo quatro presentes na região do estado de Goiás: Cobertura Detrito-Laterítica Ferruginosa, Jurubatuba, Araguaia com depósitos aluvionares e Aquidauana; com as outras duas formações presentes no estado do Mato Grosso: Cachoeirinha e Botucatu. Entretanto, no Pantanal, são duas formações geológicas que abrangem os estados de Mato Grosso e Mato Grosso do Sul: Pantanal com fáceis depósitos aluvionares, e os Depósitos Aluvionares.

No ponto de vista pedológico a área é caracterizada pela presença de seis tipos diferentes de solos, (EMBRAPA, 2018), na região do Cerrado apresenta: os Latossolos

Vermelhos, os Latossolos Vermelho-Amarelos e os Neossolos como predominantes; e na região do Pantanal estão presentes: Gleissolos, Planossolos e Neossolos.

2.1. Análise Laboratorial

Foram separadas 50 amostras de solos de profundidade 0-20 do transecto Brasília-Pantanal para dar início as análises granulométricas e de Susceptibilidade Magnética no Laboratório de Solos e Vegetação do Departamento de Ecologia da Universidade de Brasília (UnB) Campus *Darcy Ribeiro*. A análise granulométrica foi realizada por meio do método do densímetro (Bouyoucos, 1926) para separar as proporções de areia, argila e silte. Para a análise de suscetibilidade magnética (SM), as amostras foram pesadas (10g) e analisadas em um equipamento MS2 *Magnetic Susceptibility System* da Bartington, que possui um sensor com diâmetro interno de 36mm e que suporta amostras granulares ou líquidas, em 10cm³ ou recipientes de 20cm³.

O carbono orgânico foi determinado no âmbito do projeto Pró-Forense a partir uma sub-amostra de 30 a 35 mg de solo por profundidade que foram acondicionadas em cápsula de estanho. Essas cápsulas serão submetidas a um analisador elementar (Carlo Erba, modelo 1110, Milão, Itália), que determina a concentração de N e C total por combustão.

2.2. Dados Espaciais

Para obtenção dos dados de elevação, declividade foram utilizadas imagens do Shuttle Radar Topography Mission (SRTM) distribuídos em formato raster pelo EROS Data Center, controlado pelo United States Geological Survey (USGS) e podem ser acessados em formato HGT, com resolução radiométrica de 16 bits. A imagem é organizada em tiles de 1°x1° e oferecem 30 m de resolução vertical. Também foram utilizados os mapas geomorfológicos e geológicos do produto Geodiversidade vinculado a base de dados da CPRM, além dos mapas pedológicos e geomorfológicos da Base de Dados e Informações Ambientais do IBGE (Moraes, 2010; Moraes, 2014; IBGE, 2023).

2.3 Análise Estatística

A regressão linear vinculou os dados de SM com os demais fatores de formação da paisagem estudados, apresentando as diferenças dos biomas em suas características físicas e químicas. As variáveis que foram correlacionadas com a SM foram: a Elevação, Argila, Areia e Carbono, com o R² sendo utilizado como parâmetro de comparação entre as correlações nos diferentes biomas.

A análise multivariada foi utilizada para explicar a estrutura de dados a partir da observação de parâmetros sobre um mesmo indivíduo ou unidade amostral. Nesse trabalho foram aplicados os métodos de Análise de Componentes Principais (ACP). O método de ACP foi utilizado com o objetivo de reduzir a dimensionalidade da informação determinando os conjuntos de dados mais relevantes e capazes de explicar grande parte da caracterização dos solos superficiais do transecto Itaguari (GO) – Poconé (MT). Foram

utilizadas as seguintes variáveis: SM (baixa frequência), Argila, Declividade, Carbono (C). A normalização dos dados foi realizada considerando a média zero e desvio padrão igual a um.

3. RESULTADOS

3.1. Suscetibilidade Magnética e Paisagem

As amostras foram separadas pelos dois biomas presentes na área de estudos (Figura 01): o Cerrado e o Pantanal, tal delimitação foi determinada pela relação da suscetibilidade magnética (SM) com os fatores de composição da paisagem como: elevação, declividade, carbono e textura dos solos, como apresentado na Tabela 01.

Tabela 01 – Análises de susceptibilidade magnética (SM), granulométricas, carbono (C) dos solos e Morfometria por bioma dos pontos do transecto Itaguari (GO) – Poconé (MT).

Código	SM	Areia	Argila	Silte	C	Declividade	Elevação	Relevo	Geologia	Compartimentos
	$10^6 \cdot \text{m}^3 \cdot \text{kg}^{-1}$	$\text{g} \cdot \text{kg}^{-1}$	$\text{g} \cdot \text{kg}^{-1}$	$\text{g} \cdot \text{kg}^{-1}$	%					
PAN 09	0,09	139	541	320	11,14	0,59	126	R1a	Q1p7	
PAN 10	0,04	606	248	146	7,81	1,37	124	R1a	Q1p6	
PAN 12	0,00	872	45	83	6,52	2,99	123	R1a	Q1p4	
PAN 13	0,03	769	148	83	7,61	2,22	119	R1a	Q1p3	
PAN 14	0,04	405	461	133	9,74	1,18	120	R1a	Q1p2	
PAN 17	0,05	439	395	167	12,40	0,81	115	R1a	Q1p2	
PAN 18	0,06	195	568	237	13,09	0,20	111	R1a	Q1p2	
PAN 19	0,06	649	247	104	7,14	0,44	113	R1a	Q1p2	
PAN 21	0,07	109	694	196	17,16	0,20	112	R1a	Q1p2	
PAN 23	0,03	456	415	130	11,46	1,32	120	R1a	Q2a	
PAN 24	0,01	769	185	46	8,14	1,00	118	R1a	Q2a	
PAN 25	0,02	793	148	59	4,64	1,53	119	R1a	Q1p2	
PAN 28	0,01	732	148	120	13,97	0,44	118	R1a	Q2a	
PAN 29	0,01	769	148	83	5,73	0,56	118	R1a	Q2a	
PAN 31	0,00	782	135	83	5,98	1,19	124	R1a	Q1p2	
SCG 05	0,10	965	35	0	2,46	5,29	669	R4d	J3K1bt	
SCG 07	0,46	965	35	0	4,60	3,86	680	R2c	J3K1bt	
SCG 08	0,22	924	35	41	2,99	15,04	667	R2c	J3K1bt	
SCG 10	0,49	958	35	7	3,36	3,61	698	R2c	J3K1bt	
SCG 17	0,74	958	35	7	3,55	2,12	720	R2c	J3K1bt	
SCG 22	0,44	998	2	0	2,38	1,39	709	R2c	J3K1bt	
SCG 23	0,04	958	42	0	3,68	6,28	334	R4d	J3K1bt	
SCG 26	0,49	722	211	67	11,17	2,79	748	R2c	ENch	
SCG 27	4,25	426	537	37	19,88	1,58	673	R2c	ENch	
SCG 28	3,04	693	271	37	8,98	1,50	625	R2c	ENch	
SCG 29	0,17	965	35	0	5,77	2,56	615	R2b3	C2P1a	
SCG 30	0,13	859	104	37	3,54	1,68	421	R4a1	C2P1a	
SCG 31	0,03	924	42	33	5,03	4,25	382	R4a1	C2P1a	
SCG 32	0,43	843	149	7	8,36	1,24	335	R2b1	C2P1a	
SCG 33	1,29	843	157	0	7,79	2,92	356	R1a	Qag2	
SCG 34	1,14	836	157	7	6,96	2,55	356	R1a	Qag2	
SCG 36	1,25	477	490	33	11,87	2,74	344	R2b1	N1dl	
SCG 37	2,90	452	518	30	13,07	1,93	767	R4a1	PP2_gamma_1j	

Os recortes da paisagem apresentam formações geomorfológicas predominantes e com características próprias, sendo as formações predominantes: as Planícies Fluviais (R1a) e as Chapadas e Platôs (R2c), (Moraes, 2010). Os dados de altitude presentes no Cerrado indicam uma variedade de 334m a 767m, consequência das ondulações do relevo

elucidadas pela declividade que varia de 1,2% a 15%, com os maiores valores dispostos na formação geomorfológica de Chapadas e Platôs, e os menores valores encontradas nos Baixos Platôs (R2b1). Em contrapartida, a altitude do Pantanal possui uma variedade menor em relação ao Cerrado, sendo de 111m a 126m, demonstrando um relevo plano e de declividade baixa, que varia de 0,1% a 2,99% na mesma formação geomorfológica das **Planícies Fluviais** (R1a) que são predominantes na área de estudos do Pantanal (Figura 02).

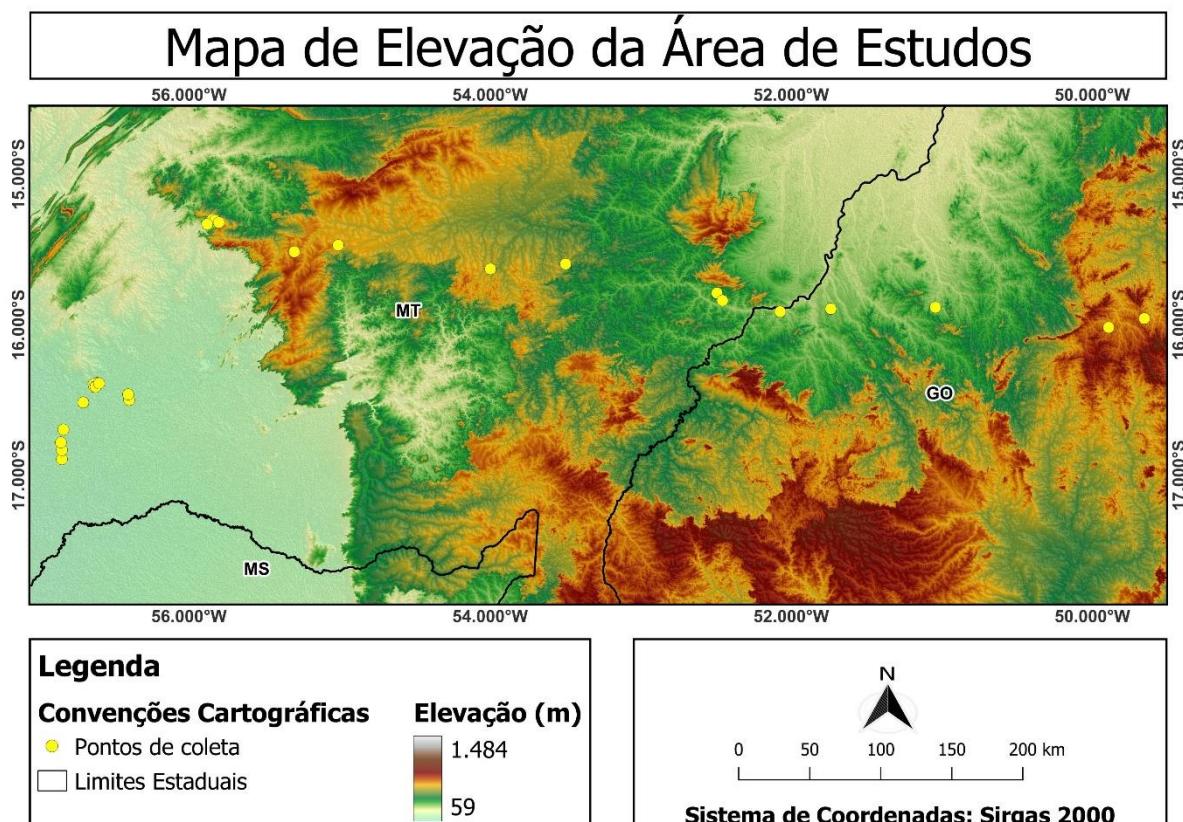


Figura 02 – Mapa de elevação dos pontos de coleta de solos superficiais da área de estudos no transecto Itaguari (GO) – Poconé (MT).

No contexto pedológico, a relação entre a textura dos solos e a SM evidenciam valores mais altos nas porções de Latossolos Vermelhos de teor argiloso, que estão presentes no Cerrado, apresentando o alcance de $2,9 \times 10^{-6} \cdot \text{m}^3 \cdot \text{kg}^{-1}$ a $4,25 \times 10^{-6} \cdot \text{m}^3 \cdot \text{kg}^{-1}$ dentro das formações geológicas de Cachoeirinha (ENch) e Botucatu (J3K1bt), Moraes (2010). Os menores valores apresentados no Cerrado estão presentes no Neossolo Quartzarênico de teor arenoso com variação de $0,03 \times 10^{-6} \cdot \text{m}^3 \cdot \text{kg}^{-1}$ e $0,04 \times 10^{-6} \cdot \text{m}^3 \cdot \text{kg}^{-1}$, que estão presentes as formações geológicas de Aquidauana (C2P1a) e Botucatu (J3K1bt), respectivamente. No Cerrado, a relação da SM com a Argila apresenta uma correlação positiva com o coeficiente de determinação (R^2) de 68%, como apresentado na Figura 03, na relação da SM com a areia, a correlação é negativa de também 68% (Figura 03).

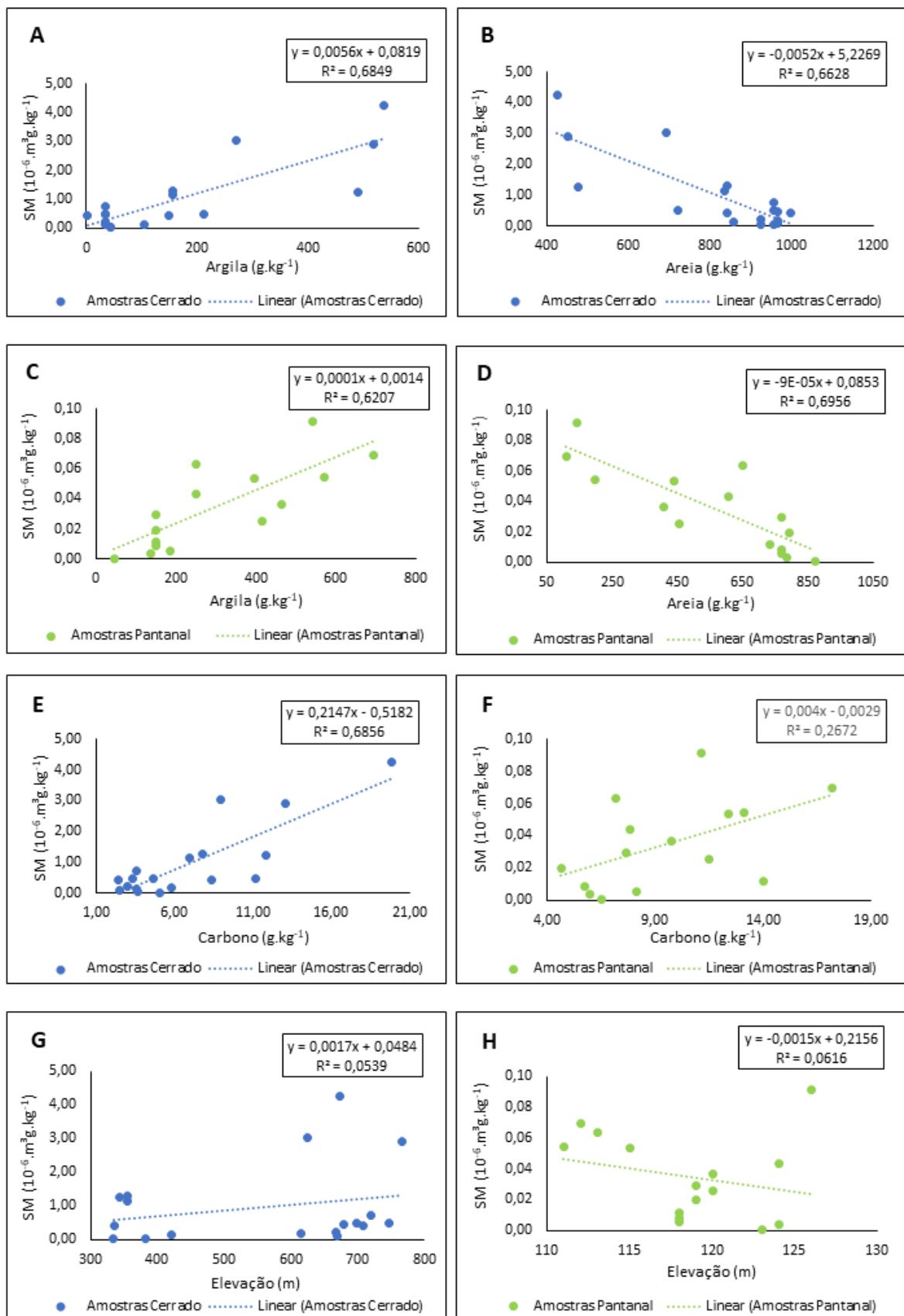


Figura 03 – Gráficos de Regressão linear das amostras presentes no Cerrado (azul) e Pantanal (verde). (A) Correlação da Suscetibilidade Magnética com a Argila. (B) Correlação da Suscetibilidade Magnética com a Areia. (C) Correlação da Suscetibilidade Magnética com a Argila, no Pantanal. (D) Correlação da Suscetibilidade Magnética com a Areia, no Pantanal. (E) Correlação da Suscetibilidade Magnética com o Carbono. (F) Correlação da Suscetibilidade Magnética com o Carbono, nas amostras coletadas no Bioma Pantanal. (G) Correlação da Suscetibilidade Magnética com a Elevação. (H) Correlação da Suscetibilidade Magnética com a Elevação, nas amostras coletadas no Bioma Pantanal.

No Pantanal, foi observado valores mais baixos de SM em relação aos dados do Cerrado, com a variação de $0,001 \times 10^{-6} \cdot \text{m}^3 \cdot \text{kg}^{-1}$ a $0,09 \times 10^{-6} \cdot \text{m}^3 \cdot \text{kg}^{-1}$ muito se deve pela predominância do Gleissolo Háplico e Planossolo Nátrico (EMPRAPA, 2018) no bioma, que apresentam porcentagens de areia mais elevadas e menos concentração de minerais ferrimagnéticos, por se encontrar na formação geológica dos Depósitos Aluvionares do Pantanal. Na relação SM e Argila, é uma correlação positiva com o coeficiente de determinação equivalente a 62%, na relação SM e Areia a correlação é negativa com o R^2 com 69% (Figura 03).

A análise de carbono orgânico nos solos indica que as médias dos valores encontrados nos biomas foram de: $6,97 \text{ g} \cdot \text{kg}^{-1}$ para o Cerrado; e de $9,5 \text{ g} \cdot \text{kg}^{-1}$ para o Pantanal (Tabela 01), com o seu desvio padrão de $4,5 \text{ g} \cdot \text{kg}^{-1}$ e de $3,4 \text{ g} \cdot \text{kg}^{-1}$, respectivamente. Essa diferença dos valores entre os biomas se dá principalmente pela variedade de relevos e solos presentes na região, com o Cerrado apresentando 3 classes diferentes de solos (Latossolos Vermelho-Amarelo, Latossolo Vermelho e Neossolos Quartzarênicos) e o Pantanal com 4 classes, sendo elas: Plintossolos Argilúvico, Gleissolos Háplicos, Planossolo Nátrico e Latossolos Vermelho-Amarelo. Em relação a mineralogia do solo, a correlação dos dados de C com a SM, representada na Figura 03, é apresentado um valor de correlação positiva de R^2 igual a 68% no Cerrado e de 26% para a região do Pantanal.

3.2. Análise Multivariada

Os resultados da Análise de Principal Componente são apresentados na Figura 03 com a primeira componente principal (CP), explicando cerca de 40,4% das variáveis estudadas e com a CP2, explicando 34,3% dos dados. Somados a 1º CP e a 2º CP explicam 74,7% da variação dos dados, sendo as variáveis que mais contribuíram para a ACP em ordem decrescente foram: Elevação (23,1%), SM (21,7%), Argila (20,4%), C (18,4%) e Declividade (16,1%).

O gráfico de dispersão (Figura 03), representa as diferenças de valores entre os dois Biomas estudados. As amostras da região do Pantanal foram caracterizadas por apresentarem valores mais altos de C e argila, devido aos solos presentes na região. No Cerrado, as variáveis que mais contribuíram para a análise do bioma foram a declividade, a elevação e a SM, resultado da maior variação do relevo e de formações geológicas.

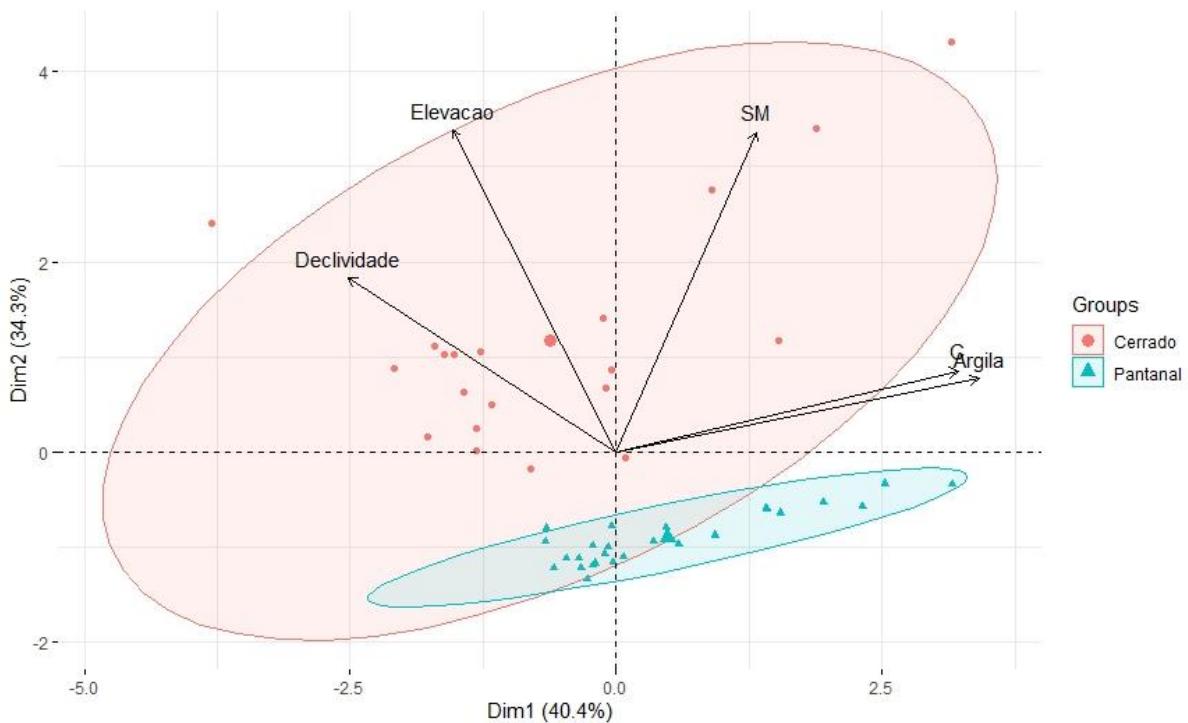


Figura 04 – Gráfico de Dispersão de componentes principais a partir das diferenças dos biomas Cerrado e Pantanal.

4. DISCUSSÃO

Nos resultados apresentados a elevação, a SM, a argila e o C, foram as variáveis que mais explicaram a distribuição dos dados. Esse resultado demonstra a importância de analisar o contexto da paisagem já que a elevação reflete a geomorfologia, a SM reflete a mineralogia, a argila reflete a estrutura do solo e o C reflete a porção orgânica.

A elevação do transecto foi a principal variável da ACP que mais explicou a distribuição dos dados, sendo fundamental para a análise do relevo e dos solos da região decorrente a amplitude na área de estudo no Cerrado e da geodiversidade com diferentes compartimentos geomorfológicos e unidades geológicas. Isso se reflete também na amplitude da elipse da ACP em contraposição dos resultados do Pantanal que apresenta predominantemente relevos planos. Como observado por Sousa Junior & Dematté, (2008), a elevação é um determinante de incidência do solo em determinada altitude, além de contribuir para a análise do relevo da região. Dessa forma, ao relacionarmos os valores de elevação com o relevo e a geologia da região fica mais evidente a diferença entre os dois biomas, com os menores valores sendo encontrados na formação geomorfológica de planícies fluviais do Pantanal, os maiores valores de elevação associados às formações geomorfológicas de chapadas e platôs, e o domínio de colinas amplas e suaves, encontrados no Cerrado.

Destaca-se a SM como a segunda variável que mais explica a variação dos dados, demonstrando a importância dos dados geomorfológicos e geológicos para a formação dos solos superficiais. De acordo com Matias et al., (2013), solos de classificações

semelhantes, porém de diferentes localidades na paisagem, apresentam valores diferentes de SM. Além disso, essa diferença ocorre devido à variedade e importância da análise do contexto geológico da área de estudo, pois os valores de SM encontrados nos solos variam de acordo com a quantidade de materiais ferrimagnéticos que são herdados do material de origem do solo como observado por Silva et al. (2010).

Nos solos superficiais estudados os maiores valores de SM foram encontrados nas regiões planálticas com as formações geológicas de Botucatu e Cachoeirinha, os menores valores de SM foram encontrados na planície do Pantanal associados aos depósitos aluvionares. Essa variação está associada principalmente com o decréscimo do teor de argila no solo e consequentemente com a mudança da mineralogia dos solos. A argila é a terceira variável que contempla 20,4% dos dados da ACP, exemplificando a diversidade da textura dos solos na área de estudos. Segundo Camargo (2013), a fração argilosa de textura dos solos e a SM são muito relacionados ao material de origem da formação do solo estudado, ou seja, dependente da geologia. Esse resultado é corroborado pelo estudo de análise de variação espacial da SM do solo de todo o território nacional que apresenta o teor de argila como a segunda variável, atrás apenas do Fe_2O_3 , mais importante para o modelo de espacialização da SM (Barbosa et al., 2021).

Esse resultado é importante porque está alinhado com o papel dos Fe_2O_3 na estocagem do carbono do solo (Kirsten et al., 2021), explicando a correlação positiva entre a SM e o C tanto no Cerrado, quanto no Pantanal. Contudo, a correlação da SM e do C no Cerrado foi maior que a encontrada nas amostras do Pantanal, isso ocorre por conta da diferenciação do material de origem e formações geomorfológicas estudadas nos dois biomas.

5. CONCLUSÃO

A SM demonstrou ser uma importante variável para caracterização da paisagem por conjugar elementos geológicos e pedológicos, principalmente na relação entre mineralogia e carbono, integrando diversas variáveis da paisagem. Essa interação se refletiu na separação dos biomas dentro da ACP em que a SM foi a segunda variável mais importante para descrição dos dados. Destaca-se que a SM apresentou as seguintes relações:

- 01 – Quanto maior os teores de argila, carbono e elevação maior foi a SM.
- 02 – As áreas de Cerrado que apresentaram maiores valores SM foram em regiões planálticas associadas às formações geológicas de Botucatu e Cachoeirinha.
- 03 – A correlação do C com a SM foi maior no bioma Cerrado do que no Pantanal, devido o papel dos Fe_2O_3 , contribuir na estocagem do carbono orgânico no solo.

6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Almeida, R. F., & Sanches, B. C. (2014). Disponibilidade de carbono orgânico nos solos do cerrado brasileiro. *Scientia Agraria Paranaensis*, 13(4), 259–264. <https://saber.unioeste.br/index.php/scientiaagraria/article/view/7792/7948>
- Barbosa, I. O., Lacerda, M. P. C., & Bilich, M. R.. (2009). Relações pedomorfogeológicas nas chapadas elevadas do Distrito Federal. *Revista Brasileira De Ciência Do Solo*, 33(5), 1373–1383. <https://doi.org/10.1590/S0100-06832009000500029>
- Barbosa, J., Poggere, G., Silva, S., Mancini, M., Motta, A., Marques, J., & Curi, N. (2021). National-scale spatial variations of soil magnetic susceptibility in Brazil. *Journal of South American Earth Sciences, 108*, 103191. <https://doi.org/10.1016/j.jsames.2021.103191>
- Basile-Doelsch, I., Amundson, R., Stone, W. E. E., Masiello, C. A., Bottero, J. Y., Colin, F., Masin, F., Borschneck, D., & Meunier, J. D. (2005). Mineralogical control of organic carbon dynamics in a volcanic ash soil on La Reunion. *European Journal of Soil Science*, 56, 689–703. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2389.2005.00703.x>
- Borges, C. S., Ribeiro, B. T., Wendling, B., & Cabral, D. A.. (2015). Agregação do solo, carbono orgânico e emissão de CO₂ em áreas sob diferentes usos no Cerrado, região do Triângulo Mineiro. *Revista Ambiente & Água*, 10(3), 660–675. <https://doi.org/10.4136/ambi-agua.1573>
- Brevik, E. C., Calzolari, C., Miller, B. A., Pereira, P., Kabala, C., Baumgarten, A., & Jordán, A. (2016). Soil mapping, classification, and pedologic modeling: History and future directions. *Geoderma*, 264, 256-274. <https://doi.org/10.1016/j.geoderma.2015.05.017>.
- Camargo, L. A. (2013). Relações entre mineralogia da argila, suscetibilidade magnética e adsorção de fósforo em latossolos da região de Jaboticabal-SP (Tese de Doutorado). Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho, Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinária, Jaboticabal, SP. <http://hdl.handle.net/11449/100827>
- Campos, M. C. C., Marques Júnior, J., Pereira, G. T., Montanari, R., & Camargo, L. A.. (2007). Relações solo-paisagem em uma litossequência arenito-basalto na região de Pereira Barreto, SP. *Revista Brasileira De Ciência Do Solo*, 31(3), 519–529. <https://doi.org/10.1590/S0100-06832007000300012>
- Cardoso, E. L., et al. (2016). Relação entre solos e unidades da paisagem no ecossistema Pantanal. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, 51(9), 1231-1240. <https://doi.org/10.1590/S0100-204X2016000900023>
- Cervi, E. C., Maher, B., Poliseli, P. C., de Souza Junior, I. G., & da Costa, A. C. S. (2019). Magnetic susceptibility as a pedogenic proxy for grouping of geochemical transects in landscapes. *Journal of Applied Geophysics*, 169, 109-117. <https://doi.org/10.1016/j.jappgeo.2019.06.017>.

Coutinho, L. M. (2000). *O cerrado*. Instituto de Biociências da USP. <https://ecologia.ib.usp.br/cerrado/index.htm>.

Coward, E. K., Thompson, A. T., & Plante, A. F. (2017). Iron-mediated mineralogical control of organic matter accumulation in tropical soils. *Geoderma*, 306, 206–216. <https://doi.org/10.1016/j.geoderma.2017.07.026>.

Dantas, J. S., Marques Júnior, J., Martins Filho, M. V., Resende, J. M. do A., Camargo, L. A., & Barbosa, R. S.. (2014). Gênese de solos coesos do leste maranhense: relação solo-paisagem. *Revista Brasileira De Ciência Do Solo*, 38(4), 1039–1050. <https://doi.org/10.1590/S0100-06832014000400001>

De Oliveira Monteiro, H., Rocha Matias, S. S., Falconeres Vogado, R., Sirqueira Nogueira, M., Neres da Silva, D., & Sousa Paes Landim, J. (2024). Espacialização dos atributos do solo e suscetibilidade magnética em ambiente de inundação sazonal no Nordeste do Brasil. *Revista Brasileira De Geografia Física*, 17(4), 2795–2807. <https://doi.org/10.26848/rbgf.v17.4.p2795-2807>

Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária – EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. *Sistema brasileiro de classificação de solos*. Rio de Janeiro: EMBRAPA, 2018. <https://www.embrapa.br/busca-de-publicacoes/-/publicacao/1094003/sistema-brasileiro-de-classificacao-de-solos>.

Fernandes, F. A., Cerri, C. C., & Fernandes, A. H. B. M. (2002). Alterações na matéria orgânica e nas características químicas de um Podzol Hidromórficos sob pastagens cultivadas no Pantanal Sul-Mato-Grossense. Corumbá: Embrapa Pantanal. (Embrapa Pantanal. Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento, 29). Recuperado de <https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/37423/1/BP29.pdf>

Fonseca, J.d.S., Campos, M.C.C., Brito Filho, E.G.d. *et al*. Soil–landscape relationship in a sandstone-gneiss topolithosequence in the State of Amazonas, Brazil. *Environ Earth Sci* 80, 714 (2021). <https://doi.org/10.1007/s12665-021-10026-9>

Fontana, A., Lomba, L. P. dos S. da, Assis, S. R. de, Townsend, V. de J., Ribeiro, I. da C., & Silva, M. de F. da. (2013). Matéria orgânica e a relação com os solos da Reunião Brasileira de Classificação e Correlação: Pantanal e Cerrado do Estado do Mato Grosso do Sul. Embrapa Solos. <http://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/infoteca/handle/doc/980223>

IBGE. Banco de Dados e Informações Ambientais (BDIA): Mapeamento de Recursos Naturais (MRN). IBGE, 2023. Disponível em: <https://www.ibge.gov.br/geociencias/informacoes-ambientais/vegetacao/23382-banco-de-informacoes-ambientais.html?=&t=acesso-ao-produto>

Kaiser, K., Mikutta, R., & Guggenberger, G. (2007). Increased stability of organic matter sorbed to ferrihydrite and goethite on aging. *Soil Science Society of America Journal*, 71(3), 711–719. <https://doi.org/10.2136/sssaj2006.0189>.

Kirsten, M., Mikutta, R., Vogel, C. et al. Iron oxides and aluminous clays selectively control soil carbon storage and stability in the humid tropics. *Sci Rep* 11, 5076 (2021). <https://doi.org/10.1038/s41598-021-84777-7>

Kleber, M., Sollins, P., & Sutton, R. (2007). A conceptual model of organo-mineral interactions in soils: self-assembly of organic molecular fragments into zonal structures on mineral surfaces. *Biogeochemistry*, 85, 9–24. <https://doi.org/10.1007/s10533-007-9103-5>

Matias, S. S. R., Marques Júnior, J., Pereira, G. T., & Siqueira, D. S.. (2015). Ferramentas Matemáticas, suscetibilidade magnética e modelos de paisagem aplicados na delimitação de áreas de manejo específico. *Revista Brasileira De Ciência Do Solo*, 39(4), 968–980. <https://doi.org/10.1590/01000683rbcs20140638>

Meireles, H. T., Marques Júnior, J., Campos, M. C. C., & Pereira, G. T.. (2012). Relações solo-paisagem em topossequência de origem basáltica. *Pesquisa Agropecuária Tropical*, 42(2), 129–136. <https://doi.org/10.1590/S1983-40632012000200001>

Mello, F. A., Bellinaso, H., Mello, D. C., Safanelli, J. L., Mendes, W. D. S., Amorim, M. T., ... & Demattê, J. A. (2021). Soil parent material prediction through satellite multispectral analysis on a regional scale at the Western Paulista Plateau, Brazil. *Geoderma Regional*, 26, e00412. <https://doi.org/10.1016/j.geodrs.2021.e00412>.

Mello, D. C., Demattê, J. A. M., Silvero, N. E. Q., Di Raimo, L. A. D. L., Poppi, R. R., Mello, F. A. O., Souza, A. B., Safanelli, J. L., Resende, M. E. B., Rizzo, R., & Mello, R. R. (2020). Soil magnetic susceptibility and its relationship with naturally occurring processes and soil attributes in pedosphere, in a tropical environment. *Geoderma*, 372, 114364. <https://doi.org/10.1016/j.geoderma.2020.114364>.

Mendes, J.F. Características químicas e físicas de alguns solos sob Cerrado. In: Reunião Brasileira de Cerrados, 2., Sete Lagoas, MG, 1967. Anais... Sete Lagoas, IPEACO, 1972. p. 51-63. <https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/infoteca/bitstream/doc/548931/1/cirtec06.pdf>

Minasny, B., Finke, P., Stockmann, U., Vanwalleghem, T., & McBratney, A. B. (2015). Resolving the integral connection between pedogenesis and landscape evolution. *Earth-Science Reviews*, 150, 102-120. <https://doi.org/10.1016/j.earscirev.2015.07.004>.

Moraes, J. M. (2010). Geodiversidade do estado do Mato Grosso. <https://rigeo.cprm.gov.br/handle/doc/16733>.

Moraes, J. M. (2014). Geodiversidade do estado de Goiás e do Distrito Federal. <https://rigeo.cprm.gov.br/handle/doc/16732>.

NERI, A. V., SCHAEFER, C. E. G. R., SOUZA, A. L., FERREIRA-JUNIOR, W. G., & MEIRA-NETO, J. A. A.. (2013). Pedology and plant physiognomies in the cerrado, Brazil. *Anais Da Academia Brasileira De Ciências*, 85(1), 87–102. <https://doi.org/10.1590/S0001-37652013000100007>

Netra R. Regmi, Craig Rasmussen, Predictive mapping of soil-landscape relationships in the arid Southwest United States, CATENA, Volume 165, 2018, Pages 473-486, ISSN 0341-8162, <https://doi.org/10.1016/j.catena.2018.02.031>.

Peluco, R. G., Marques Júnior, J., Siqueira, D. S., Pereira, G. T., Barbosa, R. S., Teixeira, D. de B., Adame, C. R., & Cortez, L. A.. (2013). Suscetibilidade magnética do solo e estimação da capacidade de suporte à aplicação de vinhaça. Pesquisa Agropecuária Brasileira, 48(6), 661–672. <https://doi.org/10.1590/S0100-204X2013000600012>

Poppi, R. R., Lacerda, M. P. C., Oliveira Junior, M. P. de ., Demattê, J. A. M., Romero, D. J., Sato, M. V., Almeida Júnior, L. R. de ., & Cassol, L. F. M.. (2018). Surface Spectroscopy of Oxisols, Entisols and Inceptisol and Relationships with Selected Soil Properties. *Revista Brasileira De Ciência Do Solo*, 42, e0160519. <https://www.scielo.br/j/rbcs/a/KMtqV9B7nypPBLZcSRzjnBb/?lang=en#ModalHowcite>

Roscoe, R.; Machado, P.L.O. Fracionamento físico do solo em estudos da matéria orgânica. Embrapa Agropecuária Oeste/Embrapa Solos, Dourados, MS/ Rio de Janeiro, RJ, 86p. 2002. <https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/bitstream/doc/246248/1/LV20023.pdf>

Rosendo, J. dos S., & Rosa, R.. (2012). Comparação do estoque de C estimado em pastagens e vegetação nativa de Cerrado. Sociedade & Natureza, 24(2), 359–376. <https://doi.org/10.1590/S1982-45132012000200014>

Santos, H. L., Marques Júnior, J., Matias, S. S. R., Siqueira, D. S., & Martins Filho, M. V.. (2013). Erosion factors and magnetic susceptibility in differet compartments of a slope in Gilbués-PI, Brazil. Engenharia Agrícola, 33(1), 64–74. <https://doi.org/10.1590/S0100-69162013000100008>

Santos, H. L. ., Marques Júnior, J. ., Matias, S. S. R. ., Siqueira, D. S. ., & Pereira, G. T. . (2022). Suscetibilidade magnética na identificação de compartimentos da paisagem em uma vertente. *Revista Brasileira De Ciências Agrárias*, 6(4), 710-716. <https://doi.org/10.5039/agraria.v6i4a1347>

Santos, P. G. dos., Almeida, J. A. de ., Sequinatto, L., & Miquelluti, D. J.. (2017). Pedological Heterogeneity of Soils Developed from Lithologies of the Pirambóia, Sanga-dos-Cabral, and Guará Geological Formations in Southern Brazil. *Revista Brasileira De Ciência Do Solo*, 41, e0160476. <https://doi.org/10.1590/18069657rbcs20160476>

Silva, S. H., Weindorf, D. C., Faria, W. M., Pinto, L. C., Menezes, M. D., Guilherme, L. R., & Nilton, C. U. R. I. (2021). Proximal sensor-enhanced soil mapping in complex soil-landscape areas of Brazil. *Pedosphere*, 31(4), 615-626. [https://doi.org/10.1016/S1002-0160\(21\)60007-3](https://doi.org/10.1016/S1002-0160(21)60007-3).

Silva L. S, Marques J Jr, Barrón V, Gomes RP, Teixeira DDB, Siqueira DS, Vasconcelos V (2020) Spatial variability of iron oxides in soils from Brazilian sandstone and basalt. CATENA 185:104258, <https://doi.org/10.1016/j.catena.2019.104258>.

Teixeira, D. D., Marques Jr, J., Siqueira, D. S., Vasconcelos, V., Carvalho Jr, O. A., Martins, É. S., & Pereira, G. T. (2017). Sample planning for quantifying and mapping

magnetic susceptibility, clay content, and base saturation using auxiliary information. *Geoderma*, 305, 208-218. <https://doi.org/10.1016/j.geoderma.2017.06.001>.

Teixeira, D. D., Marques Jr, J., Siqueira, D. S., Vasconcelos, V., Carvalho Jr, O. A., Martins, É. S., & Pereira, G. T. (2018). Mapping units based on spatial uncertainty of magnetic susceptibility and clay content. *Catena*, 164, 79-87. <https://doi.org/10.1016/j.catena.2017.12.038>.

Tognon, A. A., Demattê, J. L. I., & Demattê, J. A. M. (1998). Teor e distribuição da matéria orgânica em latossolos das regiões da floresta amazônica e dos cerrados do Brasil central. *Scientia Agricola*, 55(3), 343–354. <https://doi.org/10.1590/S0103-90161998000300001>

Vasques, G. de M., Dart, R. de O., Baca, J. F. M., Ceddia, M. B., & Mendonça S., M. de L. (2017). Mapa de Estoque de Carbono Orgânico do Solo (COS) a 0-30 cm do Brasil. Embrapa Solos. Recuperado de <https://www.embrapa.br/busca-de-publicacoes/-/publicacao/1085197/mapa-de-estoque-de-carbono-organico-do-solo-cos-a-0-30-cm-do-brasil>

Von Lützow, M., Kögel-Knabner, I., Ekschmitt, K., Matzner, E., Guggenberger, G., Marschner, B., Flessa, H., & Stahr, K. (2006). Stabilization of organic matter in temperate soils: mechanisms and their relevance under different soil conditions - a review. *European Journal of Soil Science*, 57(4), 426–445. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2389.2006.00809.x>

Weber, Oscarlina & Couto, Eduardo. (2008). Dinâmica da matéria orgânica no complexo do Pantanal. https://www.researchgate.net/publication/236273904_Dinamica_da_materia_organica_no_complexo_do_Pantanal.

Zeilhofer, P. and Schessl, M. (2000), Relationship between vegetation and environmental conditions in the northern Pantanal of Mato Grosso, Brazil. *Journal of Biogeography*, 27: 159-168. <https://doi-org.ez54.periodicos.capes.gov.br/10.1046/j.1365-2699.2000.00357.x>.

Zomer, R. J., Bossio, D. A., Sommer, R., & Verchot, L. V. (2017). Global Sequestration Potential of Increased Organic Carbon in Cropland Soils. *Scientific Reports*, 7(1). <https://doi.org/10.1038/s41598-017-15794-8>.