

## QUANTIFICAÇÃO DE ÓXIDOS DE FERRO EM SOLOS DO CERRADO DO ESTADO DO AMAPÁ

### **Evelly Amanda Bernardo de Sousa**

Universidade Federal do Oeste do Pará, Instituto de Biodiversidade e Florestas, Santarém - Pará

### **Iolanda Maria Soares Reis**

Universidade Federal do Oeste do Pará, Instituto de Biodiversidade e Florestas, Santarém - Pará

### **Nagib Jorge Melém Júnior**

Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária - Embrapa, Macapá - Amapá

### **Ivanildo Amorim de Oliveira**

Instituto Federal do Pará, Breves - Pará

### **Laércio Santos Silva**

Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Jaboticabal - São Paulo

### **Ludmila de Freitas**

Instituto Federal do Pará, Breves - Pará

**RESUMO:** Os óxidos de ferro são importantes indicadores pedoambientais, podendo influenciar na dinâmica dos atributos do solo. No estado do Amapá, estudos detalhados sobre as características do solo ainda são escassos, em especial nas áreas de cerrado. Dessa forma obter informações sobre os óxidos de ferro da região são de grande utilidade para fortalecer os conhecimentos sobre os solos da região. O objetivo da pesquisa foi realizar a quantificação de óxidos de ferro em solos do Cerrado do estado do Amapá. Ass

amostras de solos foram selecionadas pela representatividade e distribuição das áreas de Cerrado pertencente ao estado do Amapá, com mínima ou nenhuma ação antrópica, sendo coletadas amostras na profundidade de 0-0,20 m, em cada local delimitada uma área de 30 m x 30 m (900 m<sup>2</sup>), para retirada de cinco amostras simples (em caminhamento zig zag), posteriormente homogeneizadas, para formar uma amostra composta. Foram analisadas 15 amostras de solo sendo elas pertencentes aos municípios de Calçoene, Amapá, Pracuuba, Tartarugalzinho e Macapá. O solo foi seco ao ar e peneirado em malha de 2 mm, para obtenção de TFSA para proceder análises químicas, físicas e mineralógica, os dados foram analisados por meio de estatística descritiva. Houve uma pequena variação entre as variáveis estudadas. Os teores de óxidos de ferro apresentaram média de 2,5 %, cuja maior concentração foi no município de Amapá, e todos os solos apresentaram teores abaixo de 80 g kg<sup>-1</sup> indicativo de solos hipoférrico, os teores de óxidos de ferro teve correlação positiva com a fração argila.

**PALAVRAS - CHAVES:** Mineralogia; Propriedades do Solo; Solo Tropical.

**ABSTRACT:** Iron oxides are important pedoenvironmental indicators, and may influence the dynamics of soil attributes. In the

state of Amapá, detailed studies on soil characteristics are still scarce, especially in cerrado areas. Thus obtaining information about the iron oxides of the region are very useful to strengthen the knowledge about the soils of the region. The objective of this research was to quantify iron oxides in Cerrado soils of the state of Amapá. Soil samples were selected for the representativeness and distribution of Cerrado areas belonging to the state of Amapá, with minimal or no anthropic action, and samples were collected at 0-0.20 m depth, at each site delimited an area of 30 mx 30 m (900 m<sup>2</sup>) for the removal of five simple samples (zig-zag path), later homogenized, to form a composite sample. Fifteen soil samples were analyzed and belonged to the municipalities of Calçoene, Amapá, Pracuuba, Tartarugalzinho and Macapá. The soil was air-dried and sieved in a 2 mm mesh, to obtain TFSA to perform chemical, physical and mineralogical analyzes, the data were analyzed by means of descriptive statistics. There was a small variation between the studied variables. The iron oxides contents presented an average of 2.5%, whose highest concentration was in the city of Amapá, and all soils presented levels below 80 g kg<sup>-1</sup> indicative of hypoferric soils, the iron oxides contents had a positive correlation with the clay fraction

**KEYWORDS:** Mineralogy; Soil Properties; Tropical Soil

## 1 | INTRODUÇÃO

O Cerrado segue uma linha norte-sul, ao leste encontram-se os campos inundáveis da região lacustre e a oeste à floresta, enquanto ao norte, o estreitamento de área impede seu aparecimento ao norte do Rio Calçoene. (ALVES e CASTRO, 2014)

Possui uma posição estratégica para escoamento dessa produção por vias marítima, rodoviária e fluvial, que possibilita atingir o mercado regional e internacional, reduzindo custos com o transporte (VALENTE et al., 2015), (ALVES e CASTRO, 2014) e (MELÉM JUNIOR et al., 2003).

A vegetação de Cerrado, pertencente ao estado do Amapá encontra-se em fase inicial de produção de grãos, com incrementos de insumos para melhorar sua baixa fertilidade e pouca disponibilidade de água na época de seca.

Este avanço na agricultura necessita de bases de informações a respeito dos atributos do solo a fim de evitar um uso inadequado deste, viabilizando o uso racional do solo. Além dos atributos químicos, físicos e biológicos do solo, os atributos mineralógicos são de suma importância, dando destaque aos óxidos de ferro e alumínio, os quais são de grande ocorrência em solos altamente intemperizados.

Os óxidos de ferro apresentam influência nas propriedades físicas e químicas dos solos devido aos seus variados graus de cristalinidade e cargas variáveis, dependentes do pH do solo (VENDRAME et al., 2011).

Considerando a necessidade de estudos em ciências do solo no estado do Amapá, o objetivo neste estudo foi avaliar os óxidos de ferro no Cerrado amapaense e

suas relações com as demais características químicas e físicas do solo.

## 2 | MATERIAL E MÉTODOS

### Área de estudo

O estudo foi realizado no estado do Amapá, situado na porção setentrional do Brasil, com uma área de aproximadamente 143.453,70 km<sup>2</sup>, e cobertura vegetal diversificada com quatro tipos distintos, sendo eles: floresta densa tropical, formação pioneira, cerrados e floresta de transição (MELÉM JUNIOR et al., 2008). Para fins deste estudo analisou apenas amostras de solo da região do cerrado amapaense, ver figura 1.

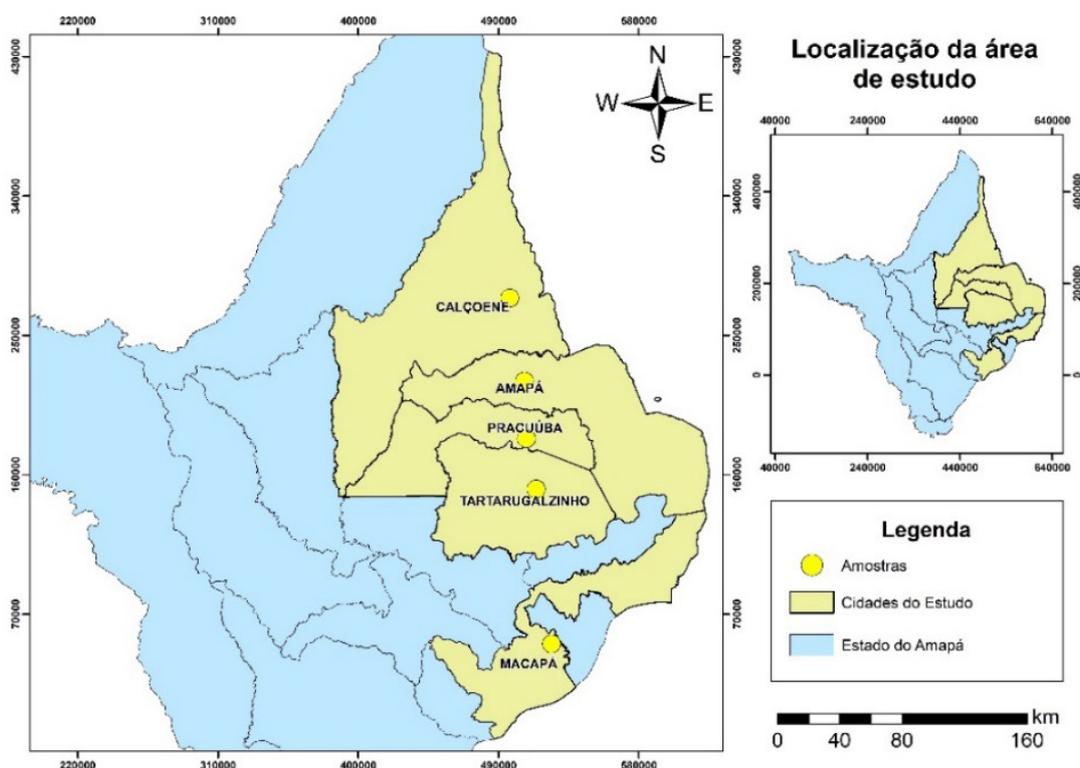


Figura 1. Localização da área de estudo.

O clima da região é equatorial quente e úmido, cuja temperatura média anual é de 26 °C e precipitação anual de 2.700 mm, os solos dessa região, geralmente, são ácidos e de baixa fertilidade, representados principalmente por Latossolos, Argissolos e Gleissolos (MELÉM JUNIOR et al., 2008). Neste trabalho os solos amostrados são da ordem dos Argissolos e Latossolos.

### Amostragem de solo

Foi delimitada uma área de 30 m x 30 m (900 m<sup>2</sup>), sendo coletadas na profundidade de 0-0,20 m, cinco amostras simples (em caminhamento zig zag), homogêneas, para formar uma amostra composta.

Foram analisadas 15 amostras compostas de solo sendo elas pertencentes aos municípios de Macapá, Tartarugalzinho, Pracuuba, Calçoene e Amapá, conforme Tabela 1.

Município	Longitude	Latitude	Classificação
Macapá	50° 47' 6,07" W	0° 27' 34,97" N	Latossolo Amarelo Hiperdistrófico típico, textura média
Macapá	50° 47' 4,69" W	0° 27' 35,47" N	Latossolo Amarelo Hiperdistrófico típico, textura média
Macapá	50° 47' 5,44" W	0° 27' 37,04" N	Latossolo Amarelo Hiperdistrófico típico, textura média
Tartarugalzinho	50° 52' 24,90" W	1° 21' 55,68" N	Argissolo Amarelo Hiperdistrófico típico, textura arenosa/média
Tartarugalzinho	50° 52' 22,48" W	1° 21' 53,99" N	Argissolo Amarelo Hiperdistrófico típico, textura arenosa/média
Tartarugalzinho	50° 52' 25,79" W	1° 21' 53,21" N	Argissolo Amarelo Hiperdistrófico típico, textura arenosa/média
Pracuuba	50° 55' 42,33" W	1° 39' 31,10" N	Argissolo Vermelho-Amarelo hiperdistrófico plíntico, textura arenosa/média
Pracuuba	50° 55' 43,31" W	1° 39' 33,37" N	Argissolo Vermelho-Amarelo hiperdistrófico plíntico, textura arenosa/média
Pracuuba	50° 55' 45,71" W	1° 39' 32,11" N	Argissolo Vermelho-Amarelo hiperdistrófico plíntico, textura arenosa/média
Amapá	50° 56' 25,70" W	1° 59' 43,39" N	Latossolo Amarelo Hiperdistrófico argissólico, textura média/argilosa
Amapá	50° 56' 26,17" W	1° 59' 42,30" N	Latossolo Amarelo Hiperdistrófico argissólico, textura média/argilosa
Amapá	50° 56' 26,40" W	1° 59' 41,42" N	Latossolo Amarelo Hiperdistrófico argissólico, textura média/argilosa
Calçoene	51° 1' 28,31" W	2° 28' 49,71" N	Latossolo Amarelo Hiperdistrófico argissólico, textura média/argilosa
Calçoene	51° 1' 31,45" W	2° 28' 50,39" N	Latossolo Amarelo Hiperdistrófico argissólico, textura média/argilosa
Calçoene	51° 1' 30,80" W	2° 28' 51,53" N	Latossolo Amarelo Hiperdistrófico argissólico, textura média/argilosa

Tabela 1. Localização das amostras do solo.

### Análises químicas e físicas

O solo foi seco ao ar para obtenção de TFSA (Terra Fina Seca ao Ar) e peneirado a 2,0 mm de abertura de malha, para determinação de análises granulométricas, químicas e mineralógicas, de acordo com os métodos contidos no *Manual de Métodos de Análise de Solo e Planta* (DONAGEMA et al., 2011), o teor de óxidos de ferro (Fe) foi determinado pelo método do Instituto Agrônomo de Campinas (IAC, 1986), para os cálculos obteve-se a média da curva-padrão de 0,3212, a partir de então foi realizado o cálculo da quantidade de Fe total.

$$FC = (2,5 \times 1,5 \times 1,42) / m$$

$$\% \text{ Fe} = \text{Absorbância} \times FC$$

Onde:

FC = fator de correção

m = média da curva obtida da absorbância dos padrões de ferro 1, 2, 3, 4 e 5 ml de ferro.

Os dados foram submetidos à análise estatística descritiva básica, e para a correlação de Pearson foram adicionados apenas valores das correlações de forte a muito forte, ou seja, aquelas entre 0,7 e 1 (MUKAKA, 2012).

### 3 | RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados quanto as análises químicas e físicas (Tabela 2) demonstram que os solos analisados em sua maioria são ácidos com pH variando minimamente de 5,2 a 5,7 como ocorrido nos trabalhos de Paye et al., (2010), indicando tal condição como favorecedora de solubilização e mobilização de nutrientes e metais pesados na solução do solo.

A CTC variou entre 2,9 e 7,7  $\text{cmol}_c/\text{dm}^3$ . A saturação de bases (%) apresentou valores muito baixo, variando de 2 a 13 %, indicando que são solos distróficos. A MO teve valores variando de baixo a médio ficando entre 9,65 e 37, 24 g/kg. P não apresentou variação significativa na camada superficial do solo.

Variáveis	Média	Mínimo	Máximo	Desvio Padrão
pH	5,33	5,20	5,70	0,13
Matéria Orgânica ( $\text{g kg}^{-1}$ )	18,09	9,65	37,24	7,76
P ( $\text{cmol}_c \text{ dm}^{-3}$ )	1,27	1,00	3,00	0,59
K ( $\text{cmol}_c \text{ dm}^{-3}$ )	0,01	0,01	0,01	0,00
Ca + Mg ( $\text{cmol}_c \text{ dm}^{-3}$ )	0,28	0,10	0,40	0,09
Al ( $\text{cmol}_c \text{ dm}^{-3}$ )	0,81	0,40	1,20	0,21
H + Al ( $\text{cmol}_c \text{ dm}^{-3}$ )	3,97	2,40	7,40	1,34
SB ( $\text{cmol}_c \text{ dm}^{-3}$ )	0,28	0,10	0,40	0,09
CTC pH7 ( $\text{cmol}_c \text{ dm}^{-3}$ )	4,25	2,60	7,70	1,34
Saturação de Bases (%)	7,07	2,00	13,00	3,17
Saturação do Alumínio (%)	74,13	60,00	91,00	9,02
Argila ( $\text{g kg}^{-1}$ )	95,33	27,00	150,00	35,43
Areia Total ( $\text{g kg}^{-1}$ )	442,47	150,00	661,00	201,38
Silte ( $\text{g kg}^{-1}$ )	462,20	189,00	774,00	223,24
Densidade da partícula ( $\text{g cm}^{-3}$ )	0,09	0,09	0,10	0,00
Óxido de ferro ( $\text{g kg}^{-1}$ )	24,96	14,92	37,47	7,88

Tabela 2. Análise descritiva de atributos químicos, físicos e mineralógicos de solos do Cerrado do estado do Amapá.

Os valores apresentados quanto a fertilidade, são esperados para este tipo de vegetação, haja vista que as mesmas não possuem elevada biomassa vegetal, e os solos Argissolos e Latossolos são muito intemperizados favorecendo a lixiviação de nutrientes ao longo dos anos. Santos et al. (2012), indicaram que solos de Cerrados são

limitados pela sua fertilidade, baixa CTC, saturação por bases e levadas quantidades de alumínio e baixa quantidade de MO.

A acidez potencial H+Al, e saturação por alumínio apresentam valores elevados, como os encontrados por Gomide et al. (2011) ao estudar solos com voçorocas no estado de Minas Gerais.

Os solos analisados apresentaram elevada saturação por alumínio, sendo considerados solos com caráter alumínico, pois apresentam saturação por alumínio acima de 50 % assim como saturação por bases inferior a 50% assumindo critério do Sistema brasileiro de classificação de solo (SANTOS et al., 2018), contudo importante observar que este estudo não é válido para classificação e distinção de classes de solos, pois analisa apenas a camada superficial do solo.

As amostras possuíam de 27 a 150 g Kg<sup>-1</sup> de argila, seus teores de areia variaram entre 154 e 661 g/kg com um teor de silte acima de g Kg<sup>-1</sup>. Deste modo a fração textural predominante nas áreas analisadas foram franco-arenosa seguida da franco-siltosa, todas de textura média de acordo com a classificação proposta por Santos et al. (2015).

A densidade de partículas nas amostras analisadas não apresentou variação significativa, embora os solos analisados serem de áreas distintas. Figueiredo et al. (2009) estudando latossolos de cerrado, não observaram variações na densidade de partículas, atribuíram estes resultados a fatores como manejo e pouca ou nenhuma diferença entre as classes de solo estudadas.

Os teores de óxidos de ferro apresentaram média de 24,96 g Kg<sup>-1</sup>, variaram entre 14,92 a 37,47 g Kg<sup>-1</sup>, cuja maior concentração média foi no município de Amapá (Figura 2), contudo as quantidades encontradas nos solos do Cerrado amapaense são consideradas baixa, pois de acordo com o Sistema brasileiro de classificação de solos (SANTOS et al., 2018) os solos com teores de óxidos de ferro inferior a 80 g Kg<sup>-1</sup> são considerados hipoférricos.

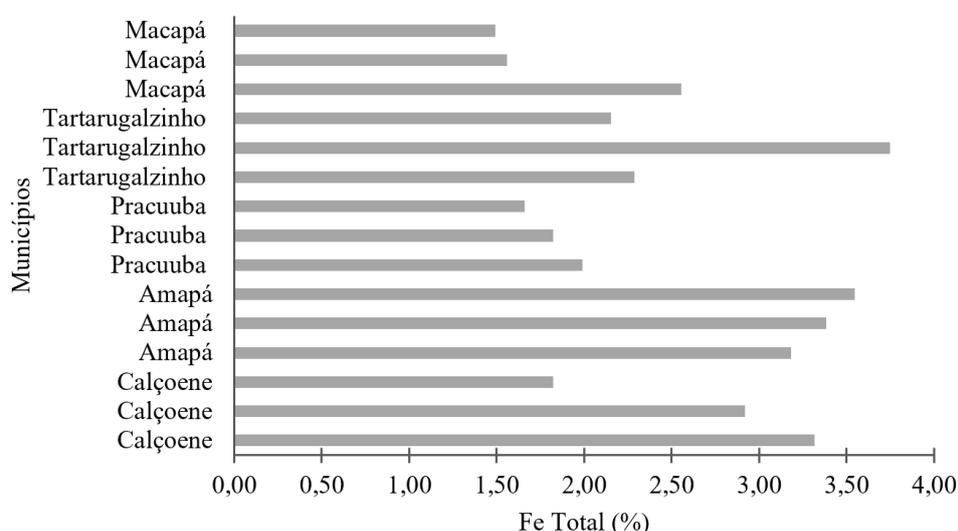


Figura 2. Teores de óxido de ferro por município.

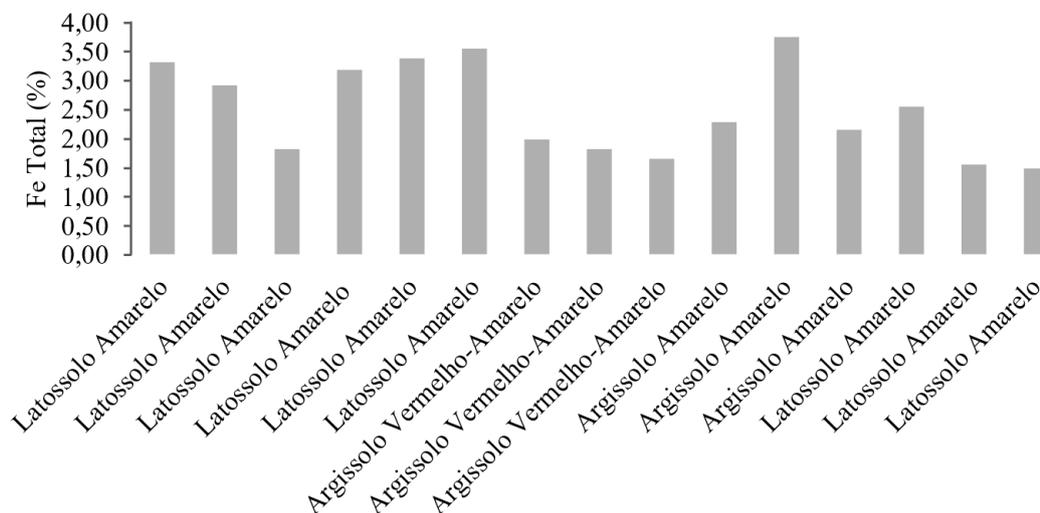


Figura 3. Teores de óxidos de ferro total por tipo de solo.

Em relação a correlação dos óxidos de ferro com os demais atributos, foi observado (Tabela 3.) que houve correlação positiva e significativa apenas com os teores de argila. Vendrame et al. (2011) estudando Latossolos no Cerrado observaram que a textura influenciou na distribuição de óxidos de ferro, estando o mesmo diretamente relacionado com a fração argila.

	pH	MO g/ kg	P mg/ dm <sup>3</sup>	Al -----cmol <sub>c</sub> /dm <sup>3</sup> - -----	H + Al -----cmol <sub>c</sub> /dm <sup>3</sup> - -----	SB	CTC pH7	V --%--	m	Argila -----g/kg-----	Areia Total	Silte %	Fe
Matéria Orgânica (g kg <sup>-1</sup> )	ns												
P (mg/dm <sup>3</sup> )	ns	ns											
Al (cmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup> )	ns	ns	ns										
H + Al (cmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup> )	ns	ns	ns	0.80									
SB (cmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup> )	ns	ns	ns	ns	ns								
CTC pH7 (cmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup> )	ns	ns	ns	0.79	1.00	ns							
V %	ns	ns	0.71	ns	ns	0.79	ns						
m %	ns	ns	ns	ns	ns	-0.84	ns	-0.92					
Argila (g kg <sup>-1</sup> )	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns				
Areia Total (g kg <sup>-1</sup> )	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns			
Silte (g kg <sup>-1</sup> )	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	-0.99		
Fe %	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns
Dp (g cm <sup>-3</sup> )	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns

Tabela 3. Correlação entre atributos químicos, físicos e óxidos de ferro, nos solos do Cerrado do estado do Amapá.

Matéria orgânica (MO), fósforo (P), cálcio (Ca), alumínio (Al), acidez potencial (H+Al), soma de bases (SB), capacidade de troca de cátions (CTC), saturação por bases (V%), saturação do alumínio (m%), Óxidos de ferro total (Fe), Densidade de partículas (Dp), significativos a 0,05% de probabilidade.

Houve uma baixa variação entre as amostras analisadas, possivelmente devido ao fato dos solos estudados serem pouco antropizados, e a variação dos atributos do solo é atribuída principalmente aos fatores de formação do solo, sobretudo as

## 4 | CONCLUSÃO

Os solos do Cerrado do Amapá, analisados neste estudo, são predominantemente amarelos ou vermelho amarelados, com baixos teores de óxidos de ferro e se pronunciam principalmente em solos argilosos, os demais atributos do solo não apresentaram correlação com óxido de ferro.

## REFERÊNCIAS

- ALVES, L. W. R.; CASTRO, G. S. A. **Proposta de Ocupação e Uso Sustentável do Cerrado Amapaense: princípios, critérios, e indicadores técnicos**. Embrapa Amapá. Macapá, 46p. Documentos, 80. mai. 2014. Disponível em: <<https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/122917/1/CPAF-AP2014-DOC-80-Proposta-de-ocupacao-uso-agropecuário-sustentavel.pdf>>. Acesso em 18 jul. 2016.
- DONAGEMA, G. K.; CAMPOS, D. V. B.; CALDERARO, S. B.; TEIXEIRA, W. G.; VIANA, J. H. M. **Manual de métodos de análise de solos**. 2. ed. Rio de Janeiro. Embrapa, 2011.
- FIGUEREDO, C. C.; SANTOS, G. G.; PEREIRA, S.; NASCIMENTO, J. L.; ALVES JÚNIOR, J. **Propriedades físico-hídricas em latossolo de cerrado sob diferentes sistemas de manejo**. Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental. Campina Grande. v. 13, n. 2, p. 146-151, 2009.
- GOMIDE, P. H. O.; SILVA, M. L. N.; SOARES, C. R. F. S. **Atributos Físicos, Químicos e Biológicos do Solo em Ambientes de Voçorocas no Município de Lavras – Mg**. Revista Brasileira de Ciência do Solo. n. 35, p. 567-577, 2011.
- IAC – Instituto Agrônomo de Campinas, 1986.
- MELÉM JÚNIOR, N. J.; NETO, J. T. F.; YOKOMIZO, G. K. I. **Caracterização dos Cerrados do Amapá**. Comunicado Técnico 105. Macapá, 2003.
- MELÉM JÚNIOR, N. J.; FONSECA, I. C. B.; BRITO, O. R.; DECAËNS, T.; CARNEIRO, M. M.; MATOS, M. F. A.; GUEDES, M. C.; QUEIROZ, J. A. L.; BARROSO, K. O. **Análise de componentes principais para avaliação de resultados analíticos da fertilidade de solos do Amapá**. Semina: Ciências Agrárias. Londrina. n. 3, v. 29, p. 499-506, jul./set. 2008.
- MUKAKA, M. M. **Statistics Corner: A Guide to Appropriate Use of Correlation Coefficient in Medical Research**. Malawi Medical Journal; Statistics Corner n. 3, v.24, p. 69-71, set. 2012.
- PAYE, H. S.; MELLO, J. W. V.; ABRAHÃO, W. A. P.; FERNANDES FILHO, E. I.; DIAS, L. C. P.; CASTRO, M. L. O.; MELO, S. B.; FRANÇA, M. M. **Valores de referência de qualidade para metais pesados em solos no Estado do Espírito Santo**. Revista Brasileira de Ciência do Solo. n. 34, p. 2041-2051, 2010.
- SANTOS, G. G.; SILVEIRA, P. M.; MARCHÃO, R. L.; PETTER, F. A.; BECQUER, T. **Atributos químicos e estabilidade de agregados sob diferentes culturas de cobertura em Latossolo do cerrado**. Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental. Campina Grande. v. 16, n. 11, p. 1171-1178, 2012.
- SANTOS, D. R.; LEMOS, C. R.; SANTOS, G. H.; KER, C. J.; ANJOS, C. H. L.; SHIMIZU, H. S. **Manual**

**de Descrição e Coleta de Solo no Campo.** SBCS. 7. ed. Viçosa, 2015.

SANTOS, H. G.; JACOMINE, P. K. T.; ANJOS, L. H. C.; OLIVEIRA, V. A.; LUMBRERAS, J. F.; COELHO, M. R.; ALMEIDA, J. A.; ARAÚJO FILHO, J. C.; OLIVEIRA, J. B.; CUNHA, T. J. F. **Sistema Brasileiro de Classificação de Solos.** 5. ed. Brasília. Embrapa, 2018.

VALENTE, M. A.; CAMPOS, A. G. S.; WATRIN, O. S. **Mapeamento dos Solos do Bioma Cerrado do Estado do Amapá.** In: XVII Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto-SBSR. 2015, João Pessoa. Anais... João Pessoa: INPE, 2015, p. 3557-3564.

VENDRAME, P. R. S.; EBERHARDT, D. N.; BRITO, O. R.; MARCHÃO, R. L.; QUANTIN, C.; BECQUER, T. **Formas de ferro e alumínio e suas relações com textura, mineralogia e carbono orgânico em Latossolo do Cerrado.** Semina: Ciências Agrárias. Londrina, v. 32, n. 1, p. 1657-1666, 2011.