



TALES EMANUEL DUARTE SANTOS

**SOLOS PLÍNTICOS IMPACTANDO O USO DA TERRA NA
REGIÃO DE SIKASSO, MALI**

LAVRAS – MG

2021

TALES EMANUEL DUARTE SANTOS

**SOLOS PLÍNTICOS IMPACTANDO O USO DA TERRA NA REGIÃO DE SIKASSO,
MALI**

Dissertação apresentada à Universidade Federal de Lavras, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Ciência do Solo, área de concentração em Recursos Ambientais e Uso da Terra, para a obtenção do título de Mestre.

Prof. Dr. Nilton Curi e Prof. Dr. Felipe Haenel Gomes
Orientadores

LAVRAS-MG

2021

**Ficha catalográfica elaborada pelo Sistema de Geração de Ficha Catalográfica da Biblioteca
Universitária da UFLA, com dados informados pelo(a) próprio(a) autor(a).**

Santos, Tales Emanuel Duarte.

Solos plínticos impactando o uso da terra na região de Sikasso,
Mali / Tales Emanuel Duarte Santos. - 2021.

60 p. : il.

Orientador(a): Nilton Curi.

Coorientador(a): Felipe Haenel Gomes.

Dissertação (mestrado acadêmico) - Universidade Federal de
Lavras, 2021.

Bibliografia.

1. plintita. 2. petroplintita. 3. África. I. Curi, Nilton. II. Gomes,
Felipe Haenel. III. Título.

TALES EMANUEL DUARTE SANTOS

**SOLOS PLÍNTICOS IMPACTANDO O USO DA TERRA NA REGIÃO DE SIKASSO,
MALI**

**PLINTHIC SOILS IMPACTING THE LAND USE IN THE SIKASSO REGION,
MALI**

Dissertação apresentada à Universidade Federal de Lavras, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Ciência do Solo, área de concentração em Recursos Ambientais e Uso da Terra, para a obtenção do título de Mestre.

Aprovada em 30 de junho de 2021.

Prof. Dr. Junior Cesar Avanzi – DCS/UFLA

Prof. Dr. Gabriel Nuto Nóbrega – GEO/UFF

Prof. Dr. Nilton Curi e Prof. Dr. Felipe Haenel Gomes
Orientadores

LAVRAS – MG

2021

A Deus,
AGRADEÇO

*Aos meus pais Valéria e Luis e aos meus avós Alzira e Severino,
pelo exemplo de vida, amor e motivação,*

DEDICO

AGRADECIMENTOS

Ao Departamento de Ciência do Solo (DCS/UFLA), pela oportunidade de realização do mestrado.

Aos professores Felipe Haenel Gomes e Nilton Curi, pela orientação, motivação, confiança, paciência, bom coração, companheirismo e pela participação na construção da minha mentalidade de pesquisador.

Ao projeto Cotton Solos, formado pela interação da Agência Brasileira de Cooperação (ABC), governo do Mali e UFLA, que financiou parte desta pesquisa.

À banca examinadora, pelo pronto atendimento.

Aos professores e funcionários do DCS, em especial, Luiz Roberto, Guilherme Lopes, Junior César, João José, Sérgio Henrique, Bruno Montoani, Dulce, Doroteo, Mariene, Lívia, Bethânia e Dirce, pela disposição, apoio e contribuições ao trabalho.

Aos amigos do DCS, em especial ao Fernandes, Diego, Eduarda, Tom, Santiago, Mel, Devison, Rafael Passaglia, Álvaro e André pela amizade construída e contribuições na minha vida acadêmica.

Aos amigos do Colégio Agrícola Vidal de Negreiros e da Universidade Federal da Paraíba, em especial, Bolla, Pedro Luan, Belchior, Roma, Robson, Nailson, Otávio, Nabor, Igor, Danilo, Seu Vaval, e aos professores(as) Alex, Marcos Carrera, Álvaro, Mannu, Raphael, Bruno e Flávio, sou grato pela motivação, descobrimento do amor pela ciência, amizade e construção das minhas metas.

À minha namorada Laís, por toda mão-de-obra, amor e motivação para continuar firme.

À minha querida família e amigos de Arara-PB em especial, ao Jaime, Thays, Tássia, Rebeca, Lis, Tia Mery, Tia Lucelma, Marquito e Jailson, que me apoiaram financeiramente, como também por todas as orações, amor e apoio recebido.

O presente trabalho foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – Brasil (CAPES), através da bolsa de estudo, do Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) e da Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de Minas Gerais (FAPEMIG).

Muito Obrigado!

“Não existem povos exemplares, o ser humano é o mesmo em todo lugar e em todas as épocas”.

- Ariano Suassuna

(Aula no SINPRO SP, ministrada em 29 de setembro de 2011)

“Ninguém pode agradar todo mundo, mas se tentou dar o seu melhor, seu máximo, então pelo menos não há arrependimentos”.

- Fernandes Antônio Costa Pereira

(Conversa em apoio ao autor da dissertação no DCS/UFLA)

RESUMO

Este estudo ocorreu dentro do projeto de extensão de cooperação internacional, no qual a Universidade Federal de Lavras (UFLA) é integrante, sendo intitulado "Preservação do Potencial Produtivo das Zonas Produtoras de Algodão no Mali - Cotton Solos". O Mali e outros países da zona Sudano-Saheliana possuem a maior parte de seu território composto por desertos ou semidesertos, dificultando a produção de alimentos, fibras e energia, sem irrigação. Na parte do seu território fora dessa condição, os solos do Mali são cultivados em sistemas de agricultura de sequeiro (90% do total cultivado), constituindo a base para produção de alimentos no país, sendo que a maior parte deles tem influência da plintitização. A plintitização é o processo pedogenético onde o ferro (Fe), ao ser reduzido em condições de excesso de água, é solubilizado e mobilizado no perfil do solo, sendo re-precipitado quando encontra condições mais oxidantes. Tais solos são geralmente deixados à margem para utilização agrícola, principalmente por problemas de dificuldades de mecanização, mas também pela baixa fertilidade natural e pelos baixos teores de matéria orgânica. Assim, este trabalho teve como objetivo classificar e caracterizar solos plínticos de duas áreas da região de Sikasso no Mali, comparando estes subambientes e auxiliando o poder de entendimento das opções de viabilidade de seu uso e manejo. Os solos foram caracterizados conforme seus atributos morfológicos, físicos e químicos. Estatística descritiva e regressão foram realizadas no tocante a certos atributos. A morfologia destes solos indicou que a ocorrência de horizonte litoplíntico (F) é algo comum no Mali, algo que não é tão comum em solos plínticos brasileiros. Os solos possuem viabilidade para produtividades satisfatórias, com cuidados relativos ao nível tecnológico e ao cultivo. Siani é uma área que demanda menos intervenção tecnológica do que Bandiagara II.

Palavras-chave: plintita; petroplintita; África.

ABSTRACT

This study occurred inside the international cooperation extension project, in which the Universidade Federal de Lavras (UFLA) is involved, entitled "Preservation of the Productive Potential of Cotton in Producing Areas in Mali - Cotton Soils". Mali and other countries in the Sudanese-Saheliana zone have most of their territory composed of desert or semi-desert areas, which makes them difficult to produce food, fiber, and energy, without irrigation. Malian soils have been cultivated in dryland agriculture systems (90% of the total cultivated area), constituting the basis for food production, and most of them have the influence of plintitization. Plintitization is the pedogenetic process where iron (Fe), when reduced under excess of water, is solubilized, and mobilized in the soil profile, being re-precipitated when it found oxidizing conditions. They are generally not considered for agricultural use, mainly due to difficulties in mechanization, as well as low natural fertility and organic matter content. So, this work aimed to classify and characterize plinthic soils of two areas of the Sikasso region in Mali, comparing between these sub-environments and assisting in their use and management viability. The soils were characterized according to their morphological, physical, and chemical attributes. Descriptive statistics and regression were performed for some attributes. The morphology of these soils indicated that the occurrence of litoplinthic horizon (F) is somewhat common in Mali, which is not so common in Brazilian plinthic soils. The soils have viability for satisfactory yields, with care regarding the technological level and cultivation. Siani is an area that requires less technological intervention than Bandiagara II.

Keywords: plinthite; petroplinthite; Africa.

SUMÁRIO

PRIMEIRA PARTE	11
1 INTRODUÇÃO GERAL	11
2 REFERENCIAL TEÓRICO	13
2.1 Arcabouço hidrológico e geológico da região de Sikasso	13
2.2 Formação e caracterização dos óxidos de ferro relacionados à plintização	14
2.3 Da plintita aos Plintossolos: de sua origem e composição até a relevância atual e futura .	16
2.4 Uso e manejo de solos plínticos	19
REFERÊNCIAS	20
SEGUNDA PARTE - ARTIGO	25
ARTIGO: SOLOS PLÍNTICOS IMPACTANDO O USO DA TERRA NA REGIÃO DE SIKASSO, MALI	25
1 INTRODUÇÃO	27
2 MATERIAL E MÉTODOS	29
2.1 Caracterização do meio físico.....	29
2.2 Caracterização morfológica, física e química do solo.....	31
3 RESULTADOS E DISCUSSÃO	32
2.1 Comparação entre subambientes	32
2.2 Comparação com solos plínticos do Brasil e da África.....	37
2.3 Solos plínticos e a produção agrícola no Mali.....	39
2.3.1 Aspectos morfológicos e físicos	39
2.3.2 Aspectos químicos	41
4 CONCLUSÕES.....	42
REFERÊNCIAS	43
APÊNDICE A	49
ANEXO A 54	
Bandiagara II – Perfil 01	54
Bandiagara II – Perfil 03	55

Bandiagara II – Perfil 04	56
Siani – Perfil 01	57
Siani – Perfil 02	58
Siani – Perfil 03	59
Siani – Perfil 04	60

PRIMEIRA PARTE

1 INTRODUÇÃO GERAL

Este estudo ocorreu dentro do projeto de extensão de cooperação internacional, no qual a Universidade Federal de Lavras (UFLA) faz parte, sendo intitulado “Preservação do Potencial Produtivo das Zonas Produtoras de Algodão no Mali - Cotton Solos”. O projeto é coordenado pela Agência Brasileira de Cooperação do Ministério das Relações Exteriores (ABC/MRE). O objetivo, a priori, é auxiliar os produtores rurais daquele país a aumentar a produtividade de suas lavouras (algodão como destaque) e atenuar problemas relacionados à fome e à saúde. Além da UFLA, também está envolvido o governo do Mali, por meio da CMDT - Companhia Malinense de Desenvolvimento Têxtil.

O Mali, assim como outros países da zona Sudano-Saheliana possui a maior parte de seu território composto por deserto ou semideserto, o que dificulta muito a produção de alimentos, fibras e energia, sem irrigação. Por outro lado, na região onde ocorrem precipitações mais elevadas (acima de 700 mm) ou com maior grau de umidade do solo ocasionado pela planície de inundação do Rio Níger é possível a produção agrícola (ROJAS; VRIELING; REMBOLD, 2011; PRETTY; WILLIAMS; TOULMIN, 2012; GENTHON et al., 2015).

Sendo um fator essencial para produção agrícola e funções ecossistêmicas, o solo permite uma expressão da capacidade produtiva dos organismos que nele habitam. Conforme encontrado em pesquisa científica, em uma escala geográfica em que o clima não varia, atributos do solo influem na manutenção ou diferenciação da fitofisionomia local (FERNANDO et al., 2010; DE ASSIS et al., 2011).

As práticas de manejo de solo, ao mesmo tempo em que visam diminuir os fatores limitantes da produção agrícola, alteram alguns atributos químicos, físicos, mineralógicos e biológicos dos solos. Os Plintossolos e outras classes de solo onde ocorram plintitas e petroplintitas, ocorrem em grandes extensões na zona Sudano-Saheliana, constituindo um importante recurso natural para as famílias que moram nestas áreas. Faz-se necessário identificar nesses solos a viabilidade da produção de alimentos, a fim de garantir a segurança alimentar, levando em conta práticas de conservação e uso sustentável do solo e água. Ainda,

a produção de fibras, especialmente algodão, é muitas vezes a única forma de obtenção de recursos financeiros nesta região.

O objetivo geral deste estudo foi estudar solos plínticos de duas localidades da região de Sikasso, no Mali, e com isso fornecer subsídios e opções de viabilidade de manejo a partir da sua caracterização morfológica, química e física, e sua interpretação.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 Arcabouço hidrológico e geológico da região de Sikasso

De acordo com Andersen et al. (2005), a região de Sikasso está posicionada na bacia hidrográfica do rio Níger, especificamente na sub-bacia do rio Bani (região do Alto Níger). O rio Bani, afluente primário do Níger, é criado pela confluência dos rios Bagoé e Baoulé, cujas cabeceiras situam-se no extremo noroeste da Costa do Marfim. A área da sub-bacia é caracterizada por relevos muito planos em altitude relativamente baixa (entre 280 e 500 metros, com 70% entre 300 e 400 metros). As únicas colinas ocorrem na área a oeste do Platô de Bandiagara. Logo após a confluência, o vale do rio Bani se alarga e o leito do rio quase desaparece. A planície de inundação tem cerca de 10 quilômetros de largura a jusante de Douna após a confluência com o rio Banifing, que gera novamente um acúmulo de água. Na época de escassez de água, ela é drenada da área de Sikasso, sendo que na margem direita a planície de inundação é limitada por aglomerações de colinas de arenito, das quais fluem vários pequenos riachos.

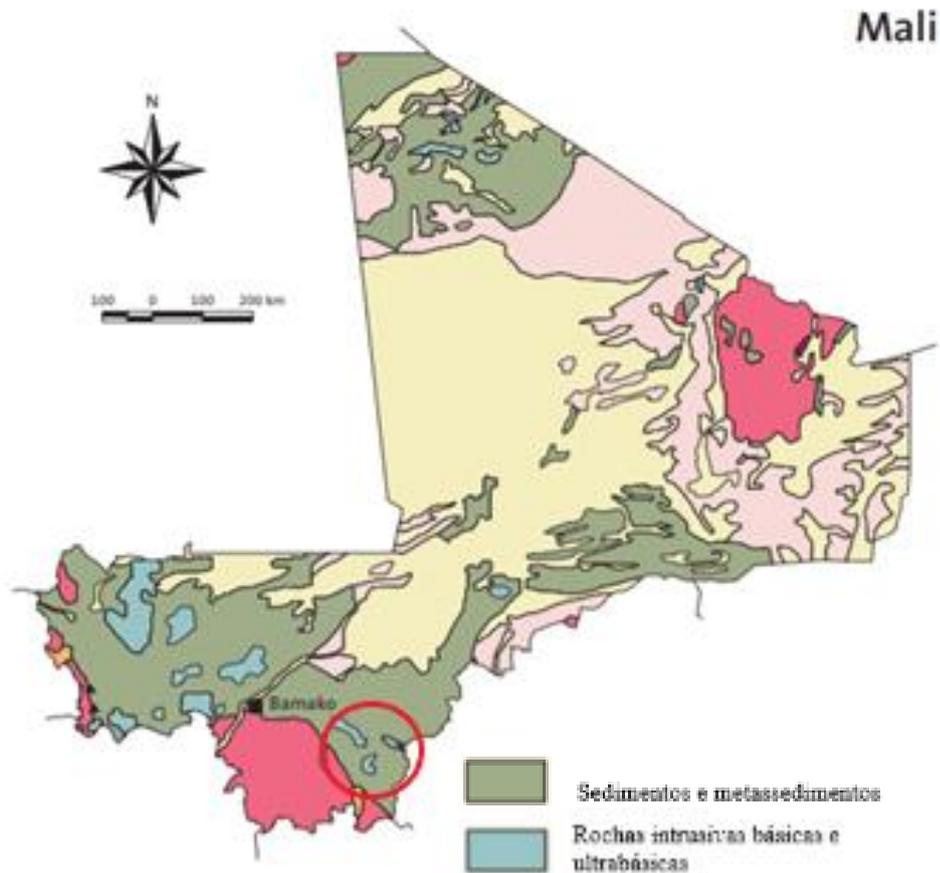
O Mali está localizado na parte nordeste do Craton da África Ocidental (escudo Tuareg). Os escudos foram unidos durante a orogenia panafricana neoproterozóica. As rochas cratônicas da África Ocidental que se encontram ao sul do Mali são do Escudo Leo-Man, que se estende ao sul. O Escudo Leo-Man é composto de rochas arqueanas e de arenito birimiano, do Proterozóico inicial e médio (BESSOLES, 1977; LEPRÊTRE et al., 2014). As rochas que compõem este escudo são principalmente complexos granítico-gnáissicos, com faixas de rochas de sedimentos vulcanogênicos semelhantes às faixas de “greenstone” arqueana (JESSELL; BEGG; MILLER, 2016).

A bacia de Taoudeni cobre uma grande parte da área entre o Escudo Reguibat e o Escudo Leo, contendo sedimentos marinhos significativos de idade neoproterozóica à carbonífera, incluindo arenito, dolomito, calcário e siltito (SCHLÜTER, 2008).

A região onde o município de Koutiala está inserido tem principalmente rochas formadas do período Fanerozóico, áreas com rochas intrusivas básicas e ultrabásicas, como também sedimentos e metassedimentos de baixo grau de metamorfismo (BESSOLES, 1977; SCHLÜTER, 2008) (Figura 1).

A partir da área da planície de inundação do rio Banifing com o rio Bani ocorre o suprimento de Fe presente nas rochas locais, principalmente das rochas básicas e ultrabásicas, permitindo o processo de plintização, resultando nos solos plínticos atuais.

Figura 1 - Grupo de rochas presentes na região do município de Koutiala.



Fonte: adaptado de SCHLÜTER (2008).

2.2 Formação e caracterização dos óxidos de ferro relacionados à plintização

Climas quentes aliados às precipitações elevadas provocam um aumento na taxa de intemperismo-lixiviação, diminuição de pH e altas concentrações residuais de Al, Mn e Fe no solo (LAL, 2019). Estes elementos são importantes componentes de óxidos, hidróxidos e oxidróxidos, em ambientes de solo favoráveis à dessilicificação, que ocorre tipicamente em condições tropicais (HSU, 1989; MC KENZIE, 1989; SCHWERTMANN; TAYLOR, 1989; SHAW; WEST, 2016).

A maior parte dos óxidos de Fe presentes na fração argila dos solos tropicais é de origem pedogenética. Com a ação do intemperismo sobre os minerais primários facilmente intemperizáveis (MPFI) das rochas e dos solos, em um ambiente oxidante, o Fe^{2+} é liberado de minerais tais como hornblenda, biotita ou ankerita, combina com oxigênios e hidroxilas, e forma os óxidos de ferro (CORREA et al., 2008; NEUENDORF; MEHL JR; JACKSON, 2011).

As cores do solo são muito influenciadas pelo poder pigmentante dos óxidos de Fe na fração argila, os quais têm elevada superfície específica. Assim, mesmo que não sejam os minerais de argila em maior abundância, imprimem cores características ao solo (RIBEIRO et al., 2011; BRADY, NYLE C., WEIL, 2013). A cor do óxido de Fe é dependente do seu tamanho, grau de cristalinidade e de substituição isomórfica em Al (CORREA et al., 2008; STOCKMANN et al., 2018). A cor vermelha do solo é devida à presença de hematita de pequeno tamanho, a qual tem um poder pigmentante muito superior aos demais minerais de óxidos de Fe, mascarando seu efeito. A cor amarelada é dada pela goethita e a alaranjada pela lepidocrocita (BARRON; TORRENT, 1986; SHAW; WEST, 2016).

Em condições naturais de solo intensifica-se a agregação dos óxidos de ferro e da caulinita em pH de 4 a 7. Nesta faixa de pH, a carga superficial positiva dos óxidos e a carga superficial negativa da caulinita leva à heterocoagulação por atração eletrostática levando à formação de agregados de óxidos de Fe-caulinita (TOMBÁ CZ et al., 2004; HOU; XU; ZHAO, 2007; WEI et al., 2012). Com o tempo, estes agregados se tornam cada vez mais estáveis, sendo favorecidos pelos ciclos de umedecimento e secagem (NACHTEGAAL; SPARKS, 2004; WEI et al., 2012). Tais agregados têm relativamente alta estabilidade (DUIKER et al., 2003; BRONICK; LAL, 2005).

O ferro é um dos elementos mais abundantes na crosta terrestre, e sua dinâmica no ambiente do solo, particularmente no tocante aos processos de oxidação e redução, tem estimulado muitos estudos. No entanto, devido às suas interações químicas serem similares ao Mn, ocorrem processos semelhantes no solo, porém em diferentes intensidades e magnitudes (KIRK, 2004). Metabólitos comuns, como os ácidos orgânicos, podem reduzir quimicamente o Mn e o Fe, especialmente em valores baixos de pH. No entanto, no caso do Fe, a redução está diretamente ligada ao metabolismo microbiano (LOVLEY, 1997; STRAUB; BENZ; SCHINK, 2001; KIRK, 2004). No processo de redução, os compostos de Fe (II) são solubilizados e mobilizados, e quando encontram sítios oxidantes, começam a re-precipitar e a

se acumular, iniciando assim a segregação do Fe no perfil do solo, tornando possível a ocorrência de mosqueados (AIDE et al., 2004; COSTANTINI; LESSOVAIA; VODYANITSKII, 2006). Se quantidades significativas de minerais de óxidos de ferro estiverem presentes há a possibilidade de formação de concreções de ferro, plintita ou petroplintita (FÖLSTER; KALK; MOSHREFI, 1971; ESWARAN; BIN, 1978; OLIVEIRA et al., 2001).

A formação da plintita ocorre principalmente em ambientes que possibilitam a restrição da percolação de água (MCFARLANE, 1976; BREUNING-MADSEN et al., 2007), em topografia de inclinação suave com flutuação de nível do lençol freático suspenso ou estagnação temporária de águas superficiais (WRB IUSS WORKING GROUP, 2015). Para que haja a transformação em óxidos de Fe e Mn a partir de MPFI e/ou minerais neoformados, como também os processos de redução e mobilização, que formam a base para o processo de plintitização, o ambiente do solo depende do regime sazonal do lençol freático (KÄMPF; CURI, 2012). Este processo pode ser visualizado em forma de mosqueados, plintita e/ou petroplintita.

2.3 Da plintita aos Plintossolos: de sua origem e composição até a relevância atual e futura

Buchanan (1807), em sua jornada numa região ocidental da Índia situada entre o Mar Árábico e a Cordilheira dos Gates Ocidentais conhecida como região de Malabar, coletou do solo um material que poderia ser cortado com uma colher de pedreiro ou uma faca grande, quando umedecido. Porém, este mesmo material quando seco tornava-se muito difícil de ser cortado, sendo denominado "indurated clay" (argila endurecida), depois "laterite", "*later*", derivado do latim (tijolo). Trata-se de um material moldável quando úmido, e, após secagem, torna-se irreversivelmente duro. Desta forma esta denominação em um contexto literal não se adequa a todos os materiais listados como laterita (PERSONS, 1970).

Como a região visitada por Buchanan (1807) é conhecida, foi possível caracterizar o ambiente e as condições para formação da laterita. De acordo com Persons (1970), tais condições relatadas por pesquisadores que visitaram posteriormente a região são: intemperismo elevado, clima quente e úmido. Com a evolução dos solos sob estas condições, intensificou-se o processo de dessilicificação e lixiviação de bases, resultando em

concentrações residuais elevadas de ferro e alumínio na forma de óxidos e oxidróxidos. Com o passar dos ciclos de umedecimento e secagem, tendo uma drenagem do solo imperfeita, ocorreu a agregação e a cimentação, aumentando o tamanho dos agregados e sua resistência ao intemperismo.

Segundo Schaefer et al. (2015), as crostas de canga laterítica (couraças ferruginosas), consistem em materiais formados e expostos em superfície decorrentes do intemperismo e da pedogênese policíclica, resultando em um desenvolvimento de paisagem e relevo que molda um ecossistema local diferenciado.

Os nódulos relacionados às concreções ferruginosas, tapiocanga, crosta laterítica, “ironstone” e petroplintita, são muito firmes quando úmidos e muito duros quando secos, sendo resultantes da evolução da plintita (BEIRIGO et al., 2011; SCHAEFER et al., 2015). Os vários termos referentes a este material, sendo a laterita como o termo mais antigo, WRB IUSS WORKING GROUP, (2015) refere-se à plintita e petroplintita como mais práticos e diretos, sendo base para a classificação dos solos. A plintita engloba uma combinação de partículas que foram cimentadas, contendo pouca MOS (matéria orgânica do solo). Em estudos feitos em solos do Pantanal Matogrossense, no norte e oeste do estado de São Paulo e na Depressão Central do Rio Grande do Sul, as composições mineralógicas das frações granulométricas da plintita contemplam: argila, composta principalmente por caulinita, hematita, goethita, mica, gibbsita, anatásio e ferrihidrita; e a areia e o silte, compostos principalmente por quartzo e feldspato potássico fortemente intemperizado (COELHO; VIDAL-TORRADO, 2003; BEIRIGO, 2013; MIGUEL et al., 2013).

Ao continuar a evoluir em ambientes de repetidas situações de umedecimento e secagem, aumenta a interação de cimentação e agregação da plintita que está sendo formada (DOS ANJOS; FRANZMEIER; SCHULZE, 1995). De acordo com a WRB IUSS WORKING GROUP (2015), a petroplintita é uma feição contínua ou fraturada de nódulos ou concreções fortemente cimentados em forma laminar, padrões poligonais ou reticulados.

De acordo com o WRB IUSS WORKING GROUP (2015), solos ricos em plintita, petroplintita ou pisólitos são denominados Plintossolos, estimando-se a ocorrência de 60 milhões de hectares ocupados por esta classe de solo no globo terrestre. Os processos pedogenéticos, formação, ocorrência e espacialização dos solos plínticos e formas relacionadas como petroplintita, nódulos pisólíticos e concreções de ferro nos solos são

objetos de interesse devido sua importância agrônômica, paleoambiental, industrial e econômica (EZE; UDEIGWE; MEADOWS, 2014).

Um manto de plintita e/ou petroplintita, incluindo suas formas conexas, pode ser relacionado a um tempo pretérito ou atual, devido à deriva continental e ao movimento dos continentes, em uma faixa que inclui da zona do equador para os trópicos, em associação às evoluções paleoclimáticas dos últimos 150 milhões de anos (TARDY; KOBILSEK; PAQUET, 1991).

De acordo com Tardy, Kobilsek e Paquet (1991), na África Ocidental e na Austrália, onde atualmente há áreas de petroplintitas em grandes quantidades e bem desenvolvidas, em um tempo pretérito (até o Eoceno) estas estavam submetidas a climas muito úmidos que em função do relevo local retiam mais água, favorecendo a formação de plintitas e não de petroplintitas. À medida que períodos secos e temperaturas mais quentes foram ocorrendo, houve o desenvolvimento das petroplintitas atuais.

Diferentemente de paleoclimas da África Ocidental e da Austrália, no sudoeste da África, Brasil e Índia, com o avançar do tempo geológico verificou-se uma evolução de condições relativas mais áridas para mais úmidas, onde a mudança de posição dos continentes em relação à linha do equador ocasionou um aumento progressivo da área com clima equatorial ou tropical úmido nos continentes, permitindo áreas propícias à formação de plintitas (COCHRANE et al., 1985; TARDY; KOBILSEK; PAQUET, 1991; DOS ANJOS; FRANZMEIER; SCHULZE, 1995).

A plintita e suas formas conexas podem ocasionar leves até graves problemas para as atividades agrícolas onde ocorrem (PADMANABHAN; ESWARAN, 2016). Os materiais ferruginosos facultam consequências sobre a produção de culturas agrícolas, inibindo a penetração e aprofundamento das raízes no perfil do solo, e, conseqüentemente, explorando um menor volume de solo (SANDOR; BURRAS; THOMPSON, 2005; YARO et al., 2008; EZE; UDEIGWE; MEADOWS, 2014).

Com o avanço da ocupação agrícola e o conseqüente aumento de incorporação das terras aos processos produtivos, áreas anteriormente consideradas marginais para a produção agrícola estão sendo utilizadas cada vez mais para este fim. Desta forma é necessário o entendimento e compreensão da dinâmica pedogenética dos solos plínticos visando possível adequação e melhor aproveitamento desses recursos naturais, bem como sua conservação sustentável.

2.4 Uso e manejo de solos plínticos

Um dos principais usos de solos plínticos para a construção civil é a extração de plintita e petroplintita para a produção de blocos usados como componentes estruturais de paredes e propiciar uma melhor qualidade estética dos edifícios (LEMOUGNA et al., 2011; MANASSEH; O., 2011) e também o uso em pavimentos flexíveis (JARITNGAM; SOMCHAINUEK; TANEERANANON, 2014).

O uso com este fim de construção é mais comum na África e na Índia, porém, em alguns locais do Brasil a plintita e a petroplintita são usadas principalmente em estradas rurais de solos muito arenosos com a finalidade de diminuir os atolamentos e melhorar as condições de trafegabilidade.

Os solos plínticos têm várias limitações à agricultura, dificultando ou limitando o aprofundamento das raízes das plantas e restringindo o movimento de ar e água no solo (ASIAMA; DEDZOE, 1999; DE AZEVEDO; BUENO, 2017). São geralmente deixados à margem para utilização agrícola, principalmente por problemas de inserção da mecanização, como também à baixa fertilidade natural e baixos teores de matéria orgânica (ASIAMA; DWOMO, 2010; DE AZEVEDO; BUENO, 2017).

O uso destes solos sem as adequadas técnicas de conservação podem acarretar a aceleração de processos erosivos do solo (BASTOS et al., 2021), particularmente em condições de relevo mais movimentado. A posição e a quantidade de materiais plínticos no perfil do solo impedem a infiltração de água até profundidades maiores, causando a saturação do horizonte acima deles, podendo ocorrer a perda de alguns componentes do solo através do movimento lateral da água (ASIAMA; DWOMO, 2010; EZE; UDEIGWE; MEADOWS, 2014).

REFERÊNCIAS

- AIDE, M.; PAVICH, Z.; LILLY, M. E.; THORNTON, R.; KINGERY, W. Plinthite Formation in the Coastal Plain Region of Mississippi. **Soil Science**, v. 169, n. 9, p. 613–623, 2004. doi: 10.1097/01.ss.0000142636.77482.e0.
- ANDERSEN, I.; DIONE, O.; JAROSEWICH-HOLDER, M.; OLIVRY, J. C. **The Niger River Basin**. 1. Ed. Washington DC: The World Bank, 2005.
- ASIAMAH, R. .; DWOMO, O. Ethno-Management of Plinthic and Ironpan Soils in the Savanna Regions of West Africa. **Ghana Journal of Agricultural Science**, v. 42, n. 1–2, p. 25–29, 2010. doi: 10.4314/gjas.v42i1-2.60641.
- ASIAMAH, R.; DEDZOE, C. Plinthization -A Threat to Agricultural Production. **Ghana Journal of Agricultural Science**, v. 32, n. 2, p. 223–227, 1 Feb. 1999. doi: 10.4314/gjas.v32i2.1905.
- BARRON, V.; TORRENT, J. Use of the Kubelka—Munk Theory to Study the Influence of Iron Oxides on Soil Colour. **Journal of Soil Science**, v. 37, n. 4, p. 499–510, 1986. doi: 10.1111/j.1365-2389.1986.tb00382.x.
- BASTOS, A. D. S.; SANQUETTA, C.; MANIESI, V.; SANQUETTA, M. N. I.; CORTE, A. P. D. Amazon Plinthosols: Carbon Stocks and Physical Properties under Different Land Uses. **Ciência Florestal**, v. 31, n. 2, p. 749–765, 1 Jun. 2021. doi: 10.5902/1980509838211.
- BEIRIGO, R. M. **Formação e degradação de feições redoximórficas em solos do Pantanal - MT**. 2013. Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2013.
- BEIRIGO, R. M.; VIDAL TORRADO, P.; STAPE, J. L.; COUTO, E. G.; ANDRADE, G. R. **P. Solos da Reserva Particular do Patrimônio Natural SESC Pantanal**. 1. ed. Rio de Janeiro: SESC, 2011.
- BESSOLES, B. Le craton ouest-africa: Burear Géologiques et Minières Memoir. In: **Géologie de l'Afrique**. 1. ed. Paris: Editions B. R. G. M. (1980), 1977. p. 402.
- BRADY, NYLE C., WEIL, R. R. **Elementos da natureza e propriedades dos solos**. 3. ed. Porto Alegre: Bookman Companhia Editora, 2013.
- BREUNING-MADSEN, H.; AWADZI, T. W.; KOCH, C. B.; BORGGAARD, O. K. Characteristics and Genesis of Pisolitic Soil Layers in a Tropical Moist Semi-Deciduous Forest of Ghana. **Geoderma**, v. 141, n. 1–2, p. 130–138, 2007. doi: 10.1016/j.geoderma.2007.05.009.
- BRONICK, C. J.; LAL, R. Soil Structure and Management: A Review. v. 124, p. 3–22, 2005. doi: 10.1016/j.geoderma.2004.03.005.
- BUCHANAN, F. **A journey from Madras through the countries of Mysore, Kanara and Malabar**. 2^a ed. London: East India Co., 1807.

COCHRANE, T. T.; SÁNCHEZ, L. G.; DE AZEVEDO, L. G.; PORRAS, J. A.; GARVER, C. L. **Land in Tropical America**. 2. ed. Cali: Centro Internacional de Agricultura Tropical, 1985.

COELHO, M. R.; VIDAL-TORRADO, P. Caracterização e Gênese de Perfis Plínticos Desenvolvidos de Arenito Do Grupo Bauru. II - Mineralogia. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 27, n. 3, p. 495–507, 2003. doi: 10.1590/s0100-06832003000300011.

CORREA, M. M.; KER, J. C.; BARRÓN, V.; FONTES, M. P. F.; TORRENT, J.; CURI, N. Caracterização de Óxidos de Ferro de Solos Do Ambiente Tabuleiros Costeiros. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 32, n. 3, p. 1017–1031, Jun. 2008. doi: 10.1590/S0100-06832008000300011.

COSTANTINI, E. A. C.; LESSOVAIA, S.; VODYANITSKII, Y. Using the Analysis of Iron and Iron Oxides in Paleosols (TEM, Geochemistry and Iron Forms) for the Assessment of Present and Past Pedogenesis. **Quaternary International**, v. 156–157, n. SPEC. ISS., p. 200–211, 2006. doi: 10.1016/j.quaint.2006.05.008.

DE ASSIS, A. C. C.; COELHO, R. M.; DA PINHEIRO, E. S.; DURIGAN, G. Water Availability Determines Physiognomic Gradient in an Area of Low-Fertility Soils under Cerrado Vegetation. **Plant Ecology**, v. 212, n. 7, p. 1135–1147, 2011. doi: 10.1007/s11258-010-9893-8.

DE AZEVEDO, J. R.; BUENO, C. R. P. Potencialidades e limitações agrícolas de solos em assentamento de reforma agrária no município de Chapadinha-MA. **Scientia Agraria**, v. 17, n. 3, p. 1, 6 Mar. 2017. doi: 10.5380/rsa.v17i3.46841.

DOS ANJOS, L. H. C.; FRANZMEIER, D. P.; SCHULZE, D. G. Formation of Soils with Plinthite on a Toposequence in Maranhão State, Brazil. **Geoderma**, v. 64, n. 3–4, p. 257–279, 1995. doi: 10.1016/0016-7061(94)00022-3.

DUIKER, S. W.; RHOTON, F. E.; TORRENT, J.; SMECK, N. E.; LAL, R. Iron (Hydr)Oxide Crystallinity Effects on Soil Aggregation. **Soil Science Society of America Journal**, v. 67, n. 2, p. 606–611, 2003.

ESWARAN, H.; BIN, W. C. A Study of a Deep Weathering Profile on Granite in Peninsular Malaysia: II. Mineralogy of the Clay, Silt, and Sand Fractions¹. **Soil Science Society of America Journal**, v. 42, n. 1, p. 149, 1978. doi: 10.2136/sssaj1978.03615995004200010033x.

EZE, P. N.; UDEIGWE, T. K.; MEADOWS, M. E. Plinthite and Its Associated Evolutionary Forms in Soils and Landscapes: A Review. **Pedosphere**, v. 24, n. 2, p. 153–166, 2014. doi: 10.1016/S1002-0160(14)60002-3.

FERNANDO, L.; MAGNAGO, S.; MARTINS, S. V.; ERNESTO, C.; SCHAEFER, G. R.; VIANA, A. Gradiente Fitofisionômico-Edáfico Em Formações Florestais de Restinga No Sudeste Do Brasil. **Acta Botanica Brasilica**, v. 24, n. 3, p. 734–746, 2010.

FÖLSTER, H.; KALK, E.; MOSHREFI, N. Complex Pedogenesis of Ferrallitic Savanna Soils in South Sudan. **Geoderma**, v. 6, n. 2, p. 135–149, 1971. doi: 10.1016/0016-7061(71)90030-9.

GENTHON, P.; HECTOR, B.; LUXEREAU, A.; DESCLOITRES, M.; ABDU, H.; HINDERER, J.; BAKALOWICZ, M. Groundwater Recharge by Sahelian Rivers—Consequences for Agricultural Development: Example from the Lower Komadugu Yobe River (Eastern Niger, Lake Chad Basin). **Environmental Earth Sciences**, v. 74, n. 2, p. 1291–1302, 10 Jul. 2015. doi: 10.1007/s12665-015-4119-y.

HOU, T.; XU, R.; ZHAO, A. Interaction between Electric Double Layers of Kaolinite and Fe/Al Oxides in Suspensions. **Colloids and Surfaces A: Physicochemical and Engineering Aspects**, v. 297, n. 1–3, p. 91–94, 2007. doi: 10.1016/j.colsurfa.2006.10.029.

HSU, P. H. Aluminum Hydroxides and Oxyhydroxides. In: DIXON, J. B.; WEED, S. B. (Ed.). **Minerals in soil environments**. 2° ed. Madison: Soil Science Society of America, 1989. p. 331–378.

JARITNGAM, S.; SOMCHAINUEK, O.; TANEERANANON, P. Feasibility of Laterite-Cement Mixture as Pavement Base Course Aggregate. **Iranian Journal of Science and Technology. Transactions of Civil Engineering**, v. 38, n. C1+, p. 275, 2014.

JESSELL, M. W.; BEGG, G. C.; MILLER, M. S. The Geophysical Signatures of the West African Craton. **Precambrian Research**, v. 274, p. 3–24, 2016. doi: 10.1016/j.precamres.2015.08.010.

KÄMPF, N.; CURI, N. Formação e Evolução do solo (Pedogênese). In: KER, J. C.; CURI, N.; SCHAEFER, C. E. G. R. (Ed.). **Pedologia: Fundamentos**. 1° ed. Viçosa: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2012. p. 207–302.

KIRK, G. **The Biogeochemistry of Submerged Soils**. 1. ed. Chichester: John Wiley & Sons Ltd, 2004.

LAL, R. Soil and Climate. In: LAL, R.; STEWART, B. A. (Ed.). **Soil and Climate**. 1° ed. Boca Raton: CRC Press, 2019.

LEMOUGNA, P. N.; MELO, U. F. C.; KAMSEU, E.; TCHAMBA, A. B. Laterite Based Stabilized Products for Sustainable Building Applications in Tropical Countries: Review and Prospects for the Case of Cameroon. **Sustainability**, v. 3, n. 1, p. 293–305, 19 Jan. 2011. doi: 10.3390/su3010293.

LEPRÊTRE, R.; BARBARAND, J.; MISSENARD, Y.; LEPARMENTIER, F.; FRIZON DE LAMOTTE, D. Vertical Movements along the Northern Border of the West African Craton: The Reguibat Shield and Adjacent Basins. **Geological Magazine**, v. 151, n. 5, p. 885–898, 13 Sep. 2014. doi: 10.1017/S0016756813000939.

LOVLEY, D. R. Microbial Fe (III) Reduction in Subsurface Environments. **FEMS Microbiology Reviews**, v. 20, n. 3–4, p. 305–313, 1997. doi: 10.1016/S0168-6445(97)00013-2.

MANASSEH, J.; O., A. I. Mechanical-Cement Stabilization of Laterite for Use as Flexible Pavement Material. **Journal of Materials in Civil Engineering**, v. 23, n. 2, p. 146–152, 1 Feb. 2011. doi: 10.1061/(ASCE)MT.1943-5533.0000148.

MC KENZIE, R. M. Manganese Oxides and Hydroxides. In: DIXON, J. B.; WEED, S. B. (Ed.). **Minerals in soil environments**. 2° ed. Madison: Soil Science Society of America, 1989. p. 439–465.

MCFARLANE, M. J. **Laterite and Landscape**. 1° ed. London-New York-San Francisco: Academic Press, 1976.

MIGUEL, P.; DALMOLIN, R. S. D.; PEDRON, F. de A.; FINK, J. R.; MOURA-BUENO, J. M. Caracterização de Plintitas e Petroplintitas Em Solos Da Depressão Central Do Rio Grande Do Sul. **Ciência Rural**, v. 43, n. 6, p. 999–1005, 2013. doi: 10.1590/S0103-84782013005000065.

NACHTEGAAL, M.; SPARKS, D. L. Effect of Iron Oxide Coatings on Zinc Sorption Mechanisms at the Clay-Mineral/Water Interface. **Journal of Colloid and Interface Science**, v. 276, n. 1, p. 13–23, 2004. doi: 10.1016/j.jcis.2004.03.031.

NEUENDORF, K.; MEHL JR, J. P.; JACKSON, J. A. **Glossary of Geology**. 5°, Revise ed. Alexandria: American Geosciences Institute, 2011.

OLIVEIRA, C. V.; KER, J. C.; CURI, N.; DUARTE, M. N.; FONTES, L. E. F. Caracterização de Concreções Ferro-Manganosas de Solos de Calcário No Norte Do Estado de Minas Gerais. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 25, n. 3, p. 565–574, 2001. doi: 10.1590/S0100-06832001000300005.

PADMANABHAN, E.; ESWARAN, H. Plinthite and Petroplinthite. In: LAL, R. (Ed.). **Encyclopedia of Soil Science, Third Edition**. 3. ed. Boca Raton: CRC Press, 2016. p. 1743–1746.

PERSONS, B. S. **Laterite: Genesis, Location, Use**. 1. ed. New York-London: Plenum Press, 1970.

PRETTY, J. N.; WILLIAMS, S.; TOULMIN, C. (ed.). **Sustainable Intensification**. 1st. ed. London: Routledge, 2012.

RIBEIRO, B. T.; LIMA, J. M. de; CURI, N.; OLIVEIRA, G. C. de; LIMA, P. L. T. Cargas Superficiais Da Fração Argila de Solos Influenciadas Pela Vinhaça e Fósforo. **Química Nova**, v. 34, n. 1, p. 5–10, 2011. doi: 10.1590/S0100-40422011000100002.

ROJAS, O.; VRIELING, A.; REMBOLD, F. Assessing Drought Probability for Agricultural Areas in Africa with Coarse Resolution Remote Sensing Imagery. **Remote Sensing of Environment**, v. 115, n. 2, p. 343–352, 15 Feb. 2011. doi: 10.1016/j.rse.2010.09.006.

SANDOR, J.; BURRAS, C. L.; THOMPSON, M. Factors of soil formation/Human Impacts. In: HILLEL, D. (Ed.). **Encyclopedia of Soils In The Environment**. 1. ed. New York: Elsevier Academic Press, 2005. p. 520–532.

SCHAEFER, C. E. G. R.; CÂNDIDO, H. G.; PEREIRA, A.; NUNES, J. A.; SOUZA, O. F.; MARINS, A.; FERNANDES FILHO, E.; KER, J. C. Solos desenvolvidos sobre canga ferruginosa no Brasil: Uma revisão crítica e papel ecológico de termiteiros. In: CARMO, F. F. DO; KAMINO, L. H. Y. K. (Ed.). **Geossistemas Ferruginosos do Brasil: áreas prioritárias para conservação da diversidade geológica e biológica, patrimônio cultural e serviços ambientais**. 1. ed. Belo Horizonte: 3i Editora, 2015. p. 552.

SCHLÜTER, T. **Geological Atlas of Africa**. 2. ed. Heidelberg: Springer-Verlag, 2008.

SCHWERTMANN, U.; TAYLOR, R. M. Iron Oxides. In: DIXON, J. B.; WEED, S. B. (Ed.). **Minerals in soil environments**. 2° ed. Madison: Soil Science Society of America, 1989. p. 379–438.

SHAW, J. N.; WEST, L. T. Sesquioxides. In: LAL, R. (Ed.). **Encyclopedia of Soil Science, Third Edition**. 3° ed. Boca Raton: CRC Press, 2016. p. 2003–2007.

STOCKMANN, U.; JONES, E. J.; ODEH, I. O. A.; MCBRATNEY, A. B. Pedometric Treatment of Soil Attributes. In: MCBRATNEY, A. B.; MINASNY, B.; STOCKMANN, U. (Ed.). **Pedometrics**. 1° ed. Cham: Springer international Publishing, 2018. p. 115–153.

STRAUB, K. L.; BENZ, M.; SCHINK, B. Iron Metabolism in Anoxic Environments at near Neutral PH. **FEMS Microbiology Ecology**, v. 34, n. 3, p. 181–186, 2001. doi: 10.1016/S0168-6496(00)00088-X.

TARDY, Y.; KOBILSEK, B.; PAQUET, H. Mineralogical Composition and Geographical Distribution of African and Brazilian Periatlantic Laterites. The Influence of Continental Drift and Tropical Paleoclimates during the Past 150 Million Years and Implications for India and Australia. **Journal of African Earth Sciences**, v. 12, n. 1–2, p. 283–295, 1991. doi: 10.1016/0899-5362(91)90077-C.

TOMBÁČZ, E.; LIBOR, Z.; ILLÉS, E.; MAJZIK, A.; KLUMPP, E. The Role of Reactive Surface Sites and Complexation by Humic Acids in the Interaction of Clay Mineral and Iron Oxide Particles. **Organic Geochemistry**, v. 35, n. 3, p. 257–267, 2004. doi: 10.1016/j.orggeochem.2003.11.002.

WEI, S.; TAN, W.; ZHAO, W.; YU, Y.; LIU, F.; KOOPAL, L. K. Microstructure, Interaction Mechanisms, and Stability of Binary Systems Containing Goethite and Kaolinite. **Soil Science Society of America Journal**, v. 76, n. 2, p. 389, 2012. doi: 10.2136/sssaj2011.0065.

WRB IUSS WORKING GROUP. **World Reference Base for Soil Resources 2014. International soils classification system for naming soils and creating legends for soil maps**. 1° ed. Roma: FAO, 2015.

YARO, D. T.; KPARMWANG, T.; RAJI, B. A.; CHUDE, V. O. Extractable Micronutrients Status of Soils in a Plinthitic Landscape at Zaria, Nigeria. **Communications in Soil Science and Plant Analysis**, v. 39, n. 15–16, p. 2484–2499, 2008. doi: 10.1080/00103620802292913.

SEGUNDA PARTE - ARTIGO

ARTIGO: SOLOS PLÍNTICOS IMPACTANDO O USO DA TERRA NA REGIÃO DE SIKASSO, MALI

Tales Emanuel Duarte Santos

RESUMO

A fome tem assolado muitos países em desenvolvimento, especialmente os países africanos, os quais enfrentam fome extrema frequentemente causada ou agravada por más políticas públicas, conflitos e mudanças climáticas, tanto que o objetivo 2 da ONU tem como meta fome zero até 2030. O setor agrícola na África é a principal atividade econômica e provedora de alimentos para as famílias. Os solos plínticos constituem um dos principais recursos para a produção agrícola no Mali. O objetivo deste trabalho foi estudar solos plínticos de duas localidades da Região administrativa de Sikasso, no Mali comparando-os entre si e com solos plínticos do Brasil e da África e fornecer subsídios e opções de viabilidade de uso e manejo a partir da sua caracterização morfológica, química e física, e sua interpretação. Foram selecionados 7 perfis de solos situados na região administrativa de Sikasso, no Mali, em duas localidades denominadas Bandiagara II e Siani. Os solos foram descritos morfológicamente e suas propriedades físicas e químicas foram determinadas. O horizonte litoplíntico (F), comum no Mali, não é encontrado com tanta facilidade em solos plínticos brasileiros. Os solos plínticos malinenses estudados apresentaram baixo Valor T, sendo que os da área de Bandiagara mostraram-se mais pobres, com acidez acentuada e baixos teores de bases trocáveis, enquanto os de Siani mostraram-se eutróficos e com acidez moderada. Esses solos possuem viabilidade para produtividades agrícolas satisfatórias, com ressalvas ao nível tecnológico e cuidados estratégicos para o cultivo. Siani é uma área que demanda menos intervenção tecnológica do que Bandiagara II.

Palavras-chave: plintitização; África; manejo do solo.

ARTICLE 1: PLINTHIC SOILS IMPACTING THE LAND USE IN THE SIKASSO REGION, MALI

ABSTRACT

Hunger has devastating many developing countries, especially African countries, which are facing extreme hunger often caused or aggravated by poor public policies, conflicts, and climatic changes, so that the ONU's goal 2 has zero hunger as objective by 2030. The agricultural sector in Africa is the main economic activity and food provider for families. Plinthic soils are one of the main resources for agricultural production in Mali. The objective of this work was to study plinthic soils from two localities in the administrative region of Sikasso, in Mali, comparing them with each other and with other plinthic soils from Brazil and Africa, and thus providing subsidies and feasibility options of use and management from their morphological, chemical, and physical characterization, and its interpretation. Seven soil profiles located in the administrative region of Sikasso, in Mali, were selected, in two locations called Bandiagara II and Siani. Soils were morphologically described and their physical and chemical properties were determined. The lithoplinthic horizon (F), common in Mali, is not so easily found in Brazilian plinthic soils. The studied soils in Mali presented a low T Value, and those in the Bandiagara area were poorer, with strong acidity values and low bases content, while those in Siani were eutrophic and had moderate acidity values. The soils are viable for satisfactory agricultural productivity, requiring care related to technological level and cultivation. Siani is an area that requires less technological intervention than Bandiagara II.

Keywords: plinthization; Africa; soil management.

1 INTRODUÇÃO

Este estudo ocorreu em razão do projeto de extensão de cooperação internacional, no qual a Universidade Federal de Lavras (UFLA) é integrante, sendo intitulado: “Preservação do Potencial Produtivo das Zonas Produtoras de Algodão no Mali - Cotton Solos”. O projeto tem como objetivo auxiliar os produtores rurais deste país a aumentar a produtividade de suas lavouras (especialmente algodão, mas também agricultura de subsistência) e atenuar problemas relacionados à fome e à saúde. A interação do projeto se dá com o governo do Mali, por meio da CMDT - Companhia Malinense de Desenvolvimento Têxtil e ele é coordenado pela Agência Brasileira de Cooperação do Ministério das Relações Exteriores (ABC/MRE). Paralelamente, há também um segundo objetivo, adotado pela Organização das Nações Unidas (ONU) em 2015, o qual estipulou várias ações aos países do mundo para promover a qualidade de vida, a paz e o desenvolvimento sustentável. A meta é zerar a fome mundial até 2030, sendo integrante dos “Objetivos de Desenvolvimento Sustentável” (ODS) da ONU (NILSSON; GRIGGS; VISBECK, 2016).

A fome assola muitos países em desenvolvimento, especialmente os países africanos, os quais enfrentam fome extrema frequentemente causada ou agravada por más políticas públicas, conflitos e mudanças climáticas (HOPESTONE, 2014; OTEKUNRIN et al., 2019).

Os solos são um recurso natural e essencial para a produção de alimentos. Portanto, o conhecimento dos atributos dos solos a serem utilizados para a agricultura visando atingir seu maior potencial agrícola sustentável é crucial para garantir a disponibilidade de alimentos para as gerações futuras (KEESSTRA et al., 2016). Porém, muitas vezes o solo não é manejado de forma correta, sendo que milhares de hectares de terra arável têm sido perdidos anualmente (GUPTA, 2019).

Os solos da zona Sudano-Saheliana, onde o estudo está inserido, sofrem bastante com a degradação e com técnicas de cultivo que não seguem os preceitos da conservação do solo e da água, gerando perdas agronômicas ao longo do tempo (SIAMAH; DWOMO, 2010; OBALUM et al., 2012, 2017). Não é diferente no Mali que também necessita de melhoria da qualidade agrícola dos seus solos.

A agricultura no Mali é quase totalmente de sequeiro (90% do total da área cultivada) e está instalada, em grande parte, em solos plúnticos (TRAORE et al., 2013; WRB IUSS WORKING GROUP, 2015).

No Mali, dominam desertos ou semidesertos na porção sua setentrional, o que dificulta muito a produção de alimentos, fibras e energia, sem irrigação. Por outro lado, mais ao sul ocorrem precipitações mais elevadas (acima de 700 mm) ou com maior grau de umidade no solo ocasionado pela planície de inundação do Rio Níger, onde se concentra a produção de alimentos a partir da agricultura (ROJAS; VRIELING; REMBOLD, 2011; PRETTY; WILLIAMS; TOULMIN, 2012; GENTHON et al., 2015).

A caracterização dos solos plínticos do Mali é importante para ajudar a compreender a sua dinâmica, auxiliando na indicação de práticas de manejo apropriadas, bem como proporcionando um planejamento mais eficiente do processo produtivo (DE AZEVEDO; BUENO, 2017; OBALUM et al., 2017; BÜNEMANN et al., 2018).

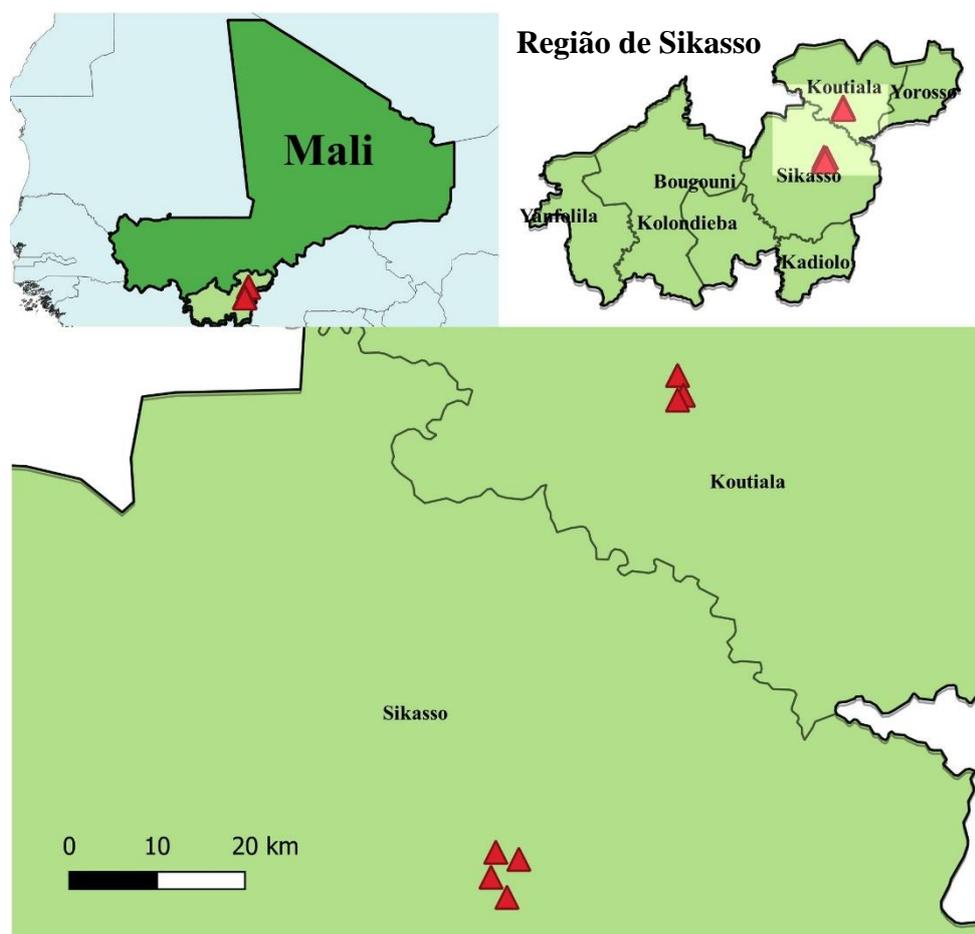
Assim, o objetivo deste trabalho foi caracterizar morfológica, química e fisicamente solos plínticos de duas localidades da Região de Sikasso, no Mali, e com isso possibilitar um melhor entendimento do comportamento destes, subsidiando o seu uso e manejo sustentável.

2 MATERIAL E MÉTODOS

2.1 Caracterização do meio físico

A área onde os solos se localizam situa-se na aldeia de Bandiagara II (circunscrição de Koutiala) e na vila de Siani (circunscrição de Sikasso), ambas na região administrativa de Sikasso, no Mali (FIGURA 1 e TABELA 1).

Figura 1 - Representação esquemática da localização dos perfis de solo estudados.



Fonte: Do autor.

O clima da região na classificação de Köppen-Geiger, é tropical, do tipo Aw (clima de savana), sendo que na região administrativa de Sikasso a precipitação pluviométrica média anual é de 1073 mm, com variação de ± 187 mm, apresentando um gradiente de aumento da

precipitação em direção ao sul. A média anual de temperatura é de 29 °C (SIVAKUMAR, 1988).

O material de origem dominante é proveniente do Escudo Leo-Man e composto por complexos granítico-gnáissicos do arqueano e de arenito birimiano, do Proterozóico inicial e médio (BESSELES, 1977; LEPRÊTRE et al., 2014; JESSELL; BEGG; MILLER, 2016). A vegetação nativa da área é representada pela savana, com grande expressão de vegetação secundária, a qual resulta da implantação de lavouras com práticas culturais de agricultura itinerante.

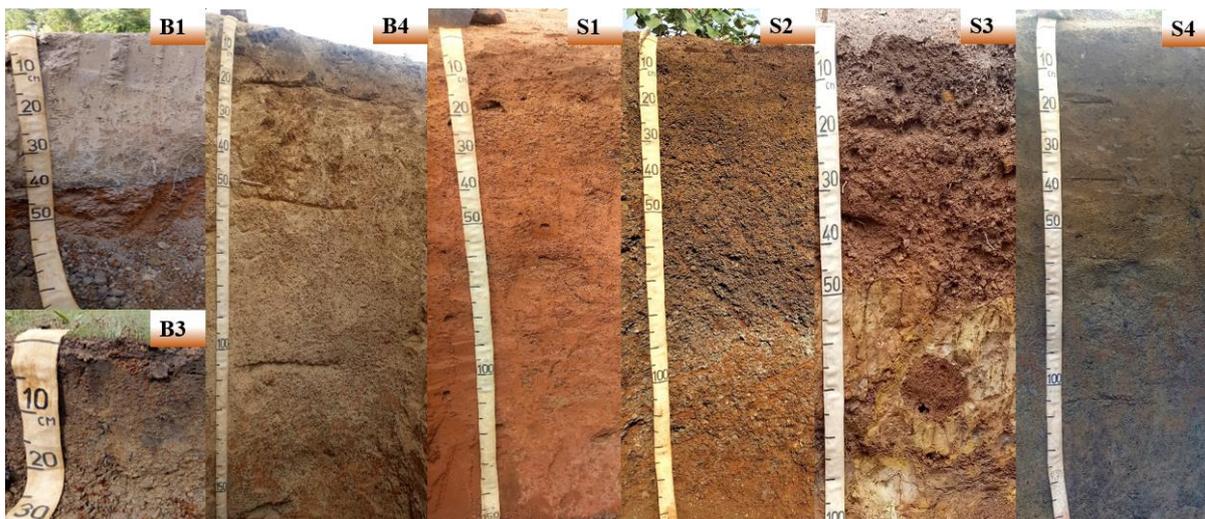
A partir do reconhecimento da área e contemplando a necessidade dos agricultores locais, foram selecionados sete perfis de solos plúnticos, incluindo variações no relevo e nas características observadas no campo (TABELA 1 e FIGURA 2).

Tabela 1 - Localização e características gerais dos perfis de solos amostrados na aldeia de Bandiagara II, Mali.

Perfil	Altitude (m)	Localização	Coordenadas Geográficas		Cobertura Vegetal
			Norte	Oeste	
B1	332	Bandjagara II	12°11' 00,34"	5°34' 28,38"	Savana secundária
B2	331	Bandjagara II	12°09' 45,13"	5°34' 06,38"	Lavoura de arroz
B3	327	Bandjagara II	12°09' 27,27"	5°34' 28,38"	Pastagem nativa
S1	365	Siani	11°40' 55,83"	5°45' 51,40"	Lavoura de milho
S2	354	Siani	11°40' 28,97"	5°44' 24,74"	Lavoura de algodão
S3	379	Siani	11°39' 25,16"	5°46' 09,38"	Lavoura de milho
S4	384	Siani	11°38' 04,99"	5°45' 09,30"	Lavoura de algodão

Fonte: Do autor.

Figura 2 - Fotos dos perfis de solos estudados em Bandiagara II e Siani.



Fonte: Adaptado do projeto Cotton Solos.

2.2 Caracterização morfológica, física e química do solo

Os perfis de solos foram caracterizados utilizando-se trincheiras, sendo que a descrição morfológica (ANEXO A) e a coleta de amostras de solo foram realizadas segundo normas preconizadas por Santos et al. (2015). As amostras foram secas, destorroadas e passadas em peneira com malha de 2 mm de abertura, obtendo-se assim a terra fina seca ao ar (TFSA) (FONTANA et al., 2017). As frações granulométricas foram separadas entre areia (muito grossa, grossa, média, fina e muito fina), silte e argila. A fração argila foi determinada pelo método da pipeta. A densidade de partículas foi determinada pelo método do picnômetro. O pH foi determinado em água e em KCl 1 mol L⁻¹, com relação solo-líquido de 1:2,5. O teor de matéria orgânica do solo (MOS) foi calculado a partir do carbono orgânico obtido pelo método volumétrico por oxidação com solução 0,2 mol L⁻¹ de dicromato de potássio e ácido sulfúrico. Os cátions trocáveis divalentes (Ca²⁺ e Mg²⁺) e a acidez trocável (Al³⁺) foram extraídos com solução de KCl 1 mol L⁻¹ e determinados por espectrometria de emissão atômica por plasma acoplado indutivamente (ICP-OES). Sódio e potássio trocáveis e o fósforo disponível (P) foram extraídos com solução Mehlich-1 e determinados por ICP-OES. O fósforo remanescente (P-rem) foi obtido através da quantidade de fósforo adicionado que permanece na solução de equilíbrio CaCl₂ 10 mmol L⁻¹ contendo 60 mg L⁻¹ de P. A acidez potencial (H + Al) foi determinada pelo método volumétrico com extração pelo acetato de cálcio 0,5 mol L⁻¹ a pH 7,0. Essas análises seguiram basicamente o Manual de Métodos de Análise do Solo (TEIXEIRA et al., 2017) e os resultados constam do APÊNDICE A.

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

2.1 Comparação entre subambientes

A maioria dos solos foi classificada como Plinthosol (WRB IUSS WORKING GROUP, 2015). A tabela 2 traz a classificação neste sistema e o equivalente no Sistema Brasileiro de Classificação de Solos - SiBCS (SANTOS et al., 2018). Apenas o S3 e o S4 não foram classificados como tal, mas apresentam menção à característica plíntica. No caso desses dois solos, no sistema WRB, a característica “plinthic” aparece no qualificador principal, enquanto no SiBCS, as características “petroplíntico” (S3) e “plíntico” (S4) aparecem em níveis categóricos mais baixos. Assim, em todos os perfis foram encontradas feições relacionadas à plintitização, seja com presença do horizonte litoplíntico (F) e ocorrência de plintita (f) em conjunto ou não com petroplintita (c) (TABELA 2).

Tabela 2 - Classificação dos solos no sistema WRB e no SiBCS.

Perfil	WRB	SiBCS
B1	Stagnic Pisoplinthic Petric Plinthosol (Loamic, Orthodystric, Ochric)	Plintossolo Pétrico Litoplíntico êndico, textura média/argilosa, epieutrófico
B2	Stagnic Pisoplinthic Petric Plinthosol (Loamic, Hyperdystric, Ochric)	Plintossolo Pétrico Litoplíntico típico, textura média, distrófico
B3	Stagnic Plinthosol (Acric, Clayic, Orthodystric, Ochric)	Plintossolo Argilúvico Distrófico típico, textura argilosa, epieutrófico
S1	Haplic Plinthosol (Lixic, Loamic, Oligoeutric, Ochric)	Plintossolo Argilúvico Eutrófico petroplíntico, textura média
S2	Pisoplinthic Petric Plinthosol (Loamic, Oligoeutric, Ochric)	Plintossolo Pétrico Litoplíntico êndico, textura média, êutrico, argissólico
S3	Chromic Plinthic Acrisol (Clayic, Epieutric, Ochric)	Argissolo Vermelho-Amarelo Distrófico petroplíntico, textura média/argilosa
S4	Gleyic Plinthic Cambisol (Loamic, Hypereutric, Ochric)	Cambissolo Háptico Ta Eutrófico argissólico, plíntico, textura média/argilosa

WRB: World Reference Base for Soil Resources (WRB IUSS WORKING GROUP, 2015); SiBCS: Sistema Brasileiro de Classificação de solos (SANTOS et al., 2018).

Nos horizontes A dos solos das duas áreas (TABELA 1, APÊNDICE A) apenas o perfil B2 tem a presença de material plíntico (f), e os perfis S2 e S3 têm petroplintita (c). De todos os perfis, apenas o perfil B1 não tem indícios suficientes para caracterizar ação antrópica (p).

Nos horizontes B (TABELA 1, APÊNDICE A) os perfis que têm gradiente textural são B3, S1, S2 e S3, e os que apresentam petroplintita (c) são todos os perfis de Bandiagara II (B1, B2 e B3), e em Siani, os perfis S1 e S2. Já a plintita (f) ocorre nos perfis B3, S1, S2 e S4. A maior ocorrência de petroplintita nos solos de Bandiagara II indica que nesta área o processo de plintitização já ocorreu e houve um rebaixamento do lençol freático, levando à formação de petroplintita, na forma de bancada laterítica (horizonte F). Por outro lado, em Siani é mais comum ter a presença de plintita. Os perfis B3, S1 e S2 apresentam concomitantemente plintita (f) e petroplintita (c) no horizonte B, sendo que o perfil B3 ocorre em uma porção mais rebaixada da paisagem, com influência do lençol freático.

Nos solos plínticos estudados, os de Bandiagara II têm como material de origem principalmente o arenito, porém o perfil B3 apresenta uma contribuição de materiais clásticos mais finos. Já Siani tem, além do arenito, a contribuição de material cristalino mesocrático. As diferentes contribuições dos materiais de origem desencadeiam diferentes intensidades de vermelho nos solos destes subambientes. A área de Siani, com a contribuição de material mesocrático, apresenta solos com cores vermelhas mais intensas do os solos de Bandiagara II, onde o matiz 7,5YR é o mais avermelhado) (TABELA 1, APÊNDICE A).

A cor também é relacionada à drenagem destes solos. A hematita e a goethita estão presentes em solos bem drenados, pigmentando os solos com tons avermelhados e amarelados, respectivamente. Porém, à medida que o ambiente de solo se torna cada vez mais redutor, estes óxidos vão sendo destruídos, levando a uma coloração acinzentada, azulada ou esverdeada (VAN BREEMEN; BURMAN, 2002).

Os solos de Bandiagara II foram enquadrados como moderadamente drenados; já em Siani, os perfis S1 a S3 são bem drenados e o perfil S4 é imperfeitamente drenado (TABELA 3).

Tabela 3 - Tipos de drenagem, posição na paisagem, pedregosidade, rochosidade e erosão, conforme observações de campo.

Perfil	Drenagem	Posição na paisagem	Pedregosidade	Rochosidade	Erosão Laminar
B1	Moderada	Área plana	Lig. Pedregosa	Não rochosa	Forte
B2	Moderada	Baixada em meio à área plana	Pedregosa	Não rochosa	Moderada
B3	Moderada	Extensa baixada plana	Não pedregosa	Não rochosa	Forte
S1	Boa	Topo plano de colina baixa	Lig. Pedregosa	Não rochosa	Ligeira
S2	Boa	Área central de vale amplo	Mod. Pedregosa	Não rochosa	Ligeira
S3	Boa	Terço superior de encosta suave	Lig. Pedregosa	Lig. rochosa	Moderada
S4	Imperfeita	Fundo de vale estreito	Não pedregosa	Não rochosa	Moderada

Lig.: Ligeiramente; Mod.: Moderadamente.

Fonte: Do autor.

São fatores que afetam a drenagem destes solos a posição no relevo e as barreiras físicas no perfil que limitam sua profundidade (TABELA 3) (TABELA 1, APÊNDICE A). O relevo regional é plano em Bandiagara II e em Siani. Porém, nesta última área ocorre a presença de morrotes de material de tamanho de cascalhos a calhaus composto de material petroplíntico. Nesta área, a maioria dos solos apresenta boa drenagem, com exceção do perfil S4 (imperfeita), que se localiza ao fundo de um vale estreito (TABELA 3).

A bancada laterítica ocorre em 3 solos (TABELA 1, APÊNDICE A), sendo 2 em Bandiagara II (B1 e B2) e um em Siani (S2). Porém, apenas os de Bandiagara II (B1 e B2) são enquadrados como rasos, por terem profundidade de solo inferior a 50 cm. Em Siani, o único solo enquadrado como raso é o S3.

As fases “pedregosa” e “moderadamente pedregosa” (perfis B2 e S2) (TABELA 3), têm em comum a bancada laterítica. Todavia, foi observado em todos os perfis de solos um certo nível de pedregosidade, com exceção daqueles cuja posição na paisagem é algo abaciada, como a extensa baixada plana (perfil B3) e o fundo de vale estreito (perfil S4).

Outro fator característico relacionado às barreiras físicas que ocorrem nestes solos é o gradiente textural (t) nos horizontes B, o qual está presente nos perfis B3, S1, S2 e S3 (TABELA 2, APÊNDICE A). Nos solos da região de Siani é onde o gradiente textural é mais expressivo, porém, o acréscimo de argila em profundidade nos perfis de solos, suficiente ou não para caracterizar tal gradiente, é algo comum a todos os solos estudados.

A atividade da argila (Targ) dos solos da área de Siani é substancialmente maior que as registradas nos solos em Bandiagara II (TABELA 3, APÊNDICE A), refletindo a influência do material de origem mesocrático naqueles. Em Siani, os solos apresentam valores

médios de Targ de 68,7 $\text{cmol}_c/\text{dm}^3$ e de 25,5 $\text{cmol}_c/\text{dm}^3$ nos horizontes A e B, respectivamente. Já nos solos em Bandiagara II, nos horizontes A os valores médios de Targ são de 31,5 $\text{cmol}_c/\text{dm}^3$ (menos da metade daqueles de Siani), enquanto o horizonte B apresenta valores mais próximos àqueles de Siani (20,6 $\text{cmol}_c/\text{dm}^3$), excetuando-se os horizontes transicionais.

As frações granulométricas mais grosseiras não participam ativamente das cargas do solo, mas as suas proporções promovem funções importantes nas propriedades físicas e físico-hídricas do solo, como também na suscetibilidade à erosão. Diante disso, ao se comparar as médias dos horizontes A, os solos de Bandiagara II são menos arenosos com média de 352 g.kg^{-1} contra 573 g.kg^{-1} de Siani. Já nos horizontes B, a média fica em 243 g.kg^{-1} para os solos de Bandiagara II e de 362 g.kg^{-1} para Siani (TABELA 2, APÊNDICE A).

Quando se depara com os valores de AF e AMF (areia fina e areia muito fina) em conjunto e se verifica sua proporção na fração areia total, estes solos plúnticos têm a característica de ter em sua maioria a participação destas subfrações areia em todos seus horizontes, englobando participações acima de 57% da fração areia total, excetuando-se o perfil S2.

A participação da AF e da AMF na areia total nos horizontes A (não transicionais) dos solos de Bandiagara é na média de 69% e nos horizontes B, 67%. Já nos solos de Siani, nos horizontes A a média de participação é de 77% nos horizontes A e nos horizontes B a média é de 63%, excetuando-se o perfil S2.

Nestes solos, portanto, a areia fina e muito fina têm grande participação na composição desta fração, o que aumenta a disponibilidade de água e diminui a deficiência hídrica às plantas. Essas interações físico-hídricas são explicadas por Fidalski et al. (2013), os quais em estudo comparativo em solos com semelhantes quantidades de areia total, verificaram maior disponibilidade de água para as plantas e menor risco de deficiência hídrica em solos com mais areia fina.

No tocante à fração silte, a média nos perfis de solo de Bandiagara II foi maior com valor 340 g.kg^{-1} , enquanto nos solos de Siani este valor foi de 287 g.kg^{-1} (TABELA 2, APÊNDICE A). A fração silte facilita o encrostamento (impermeabilização superficial) e o entupimento de poros em subsuperfície, diminuindo a infiltração de água e dificultando a drenagem destes solos, respectivamente. Em relação à estrutura do solo, foi verificada no

campo, pouca expressão de tamanho grande, predominando agregados com desenvolvimento fraco ou moderado (TABELA 1, APÊNDICE A).

Na estabilização dos agregados e posteriormente na formação da estrutura do solo é necessário um agente cimentante. A fração argila e a matéria orgânica do solo (MOS) exercem esta função (JOZEFACIUK; CZACHOR, 2014). Nos solos estudados, estes fatores e a atividade da fração argila (Targ) fornecem subsídios para entender o fato dos solos de Siani, de forma geral, terem menos problemas de erosão do que os solos de Bandiagara II.

A erosão laminar é comum a ambos os subambientes, porém, em Bandiagara II ela é mais acentuada, enquanto em Siani, ela ligeira à moderada (TABELA 3). Ainda em relação à erosão, os horizontes A de todos os solos (sem considerar os transicionais), quando têm acima de 1.3% de MOS apresentam erosão laminar ligeira, e quando têm abaixo de 1.1% de MOS revelam erosão laminar forte (TABELA 3) (TABELA 3, APÊNDICE A).

A acidez potencial (H + Al) dos solos em Bandiagara II é mais elevada do que em Siani. Os solos em Bandiagara II apresentam a média do Valor V menor (36%, distróficos), enquanto em Siani este valor é de 70% (solos eutróficos). Assim, as bases trocáveis apresentam maiores teores nos solos em Siani, mesmo nos horizontes subsuperficiais, indicando uma maior fertilidade natural destes. Os valores de pH acompanham a mesma tendência, com os solos de Siani apresentando valores de pH em água (H₂O) e em cloreto de potássio (KCl) mais elevados, com média de 5.7 e 5.1, respectivamente, enquanto os solos do outro subambiente apresentam valores de 5.0 e 4.1, para pH em H₂O e em KCl, respectivamente (TABELA 3, APÊNDICE A). Já o Δ pH (delta pH), revela valores médios nos horizontes dos solos de Bandiagara II de -0.9 e nos solos de Siani de -0.6, indicando, nos dois casos, o predomínio de cargas elétricas superficiais negativas.

O pH influencia a disponibilidade de nutrientes no solo, sendo que o fósforo tem seu pico de disponibilidade entre pH 6 e 7 (PENN; CAMBERATO, 2019). Os solos de Bandiagara II e Siani apresentam em média valores de fósforo disponível de 0,8 mg/dm³ e 4,9 mg/dm³, respectivamente (TABELA 3, APÊNDICE A). Os valores mais elevados nos solos de Siani são também reflexos do seu grau de tecnologia mais elevado em relação aos solos de Bandiagara II, incluindo as fertilizações relativamente mais conspícuas naqueles.

A capacidade de fixação de fósforo pelo solo, indicada pelo P-Rem (fósforo remanescente), apresenta valores médios nos solos de Bandiagara II de 13,7 mg/L contra 24,2

mg/L nos solos de Siani, sendo assim mais acentuada em Bandiagara II (TABELA 3, APÊNDICE A), ajudando a explicar seus valores mais baixos de P disponível.

2.2 Comparação com solos plínticos do Brasil e da África

Estudos têm mostrado que a ocorrência de horizonte litoplíntico (F) em solos plínticos brasileiros não é comum (COELHO; VIDAL-TORRADO, 2003; ANJOS et al., 2007; BEIRIGO, 2013; MIGUEL et al., 2013) e quando ele ocorre estes solos estão situados em bordas de platôs de topo plano e em bordas escarpadas (BARBOSA; LACERDA; BILICH, 2009; CORRÊA et al., 2021), sendo interpretados como herança de um clima mais seco do que o atual, possibilitando uma fase de endurecimento do material plíntico (BEIRIGO, 2013; SCHAEFER et al., 2015).

Nos solos plínticos da África Ocidental é mais comum a ocorrência de horizonte litoplíntico do que no Brasil. Chardon et al. (2018) intitulam estas áreas como sendo “reliíquias de paisagem bauxítica”, as quais são comumente atreladas às escarpas no relevo da África Ocidental, sendo que várias áreas destas reliíquias ocorrem no Mali. As áreas onde estão situadas estas reliíquias no Mali apresentam base geológica de rochas sedimentares clásticas, principalmente arenito (YE et al., 2017; CHARDON et al., 2018), algo que se assemelha bastante ao Brasil principalmente quando se considera o arenito como rocha de origem comum de solos plínticos (COELHO; VIDAL-TORRADO, 2003; ANJOS et al., 2007; SCHIAVO et al., 2010).

Os solos deste estudo são derivados majoritariamente do arenito, assim como os solos plínticos da Nigéria são formados a partir de arenito e granito, ambos pobres em minerais máficos (IBRAHIM et al., 2016; ABUBAKAR; ZEGA; JAYEOBA, 2019). Eles se assemelham àqueles identificados em estudos no Brasil desenvolvidos de arenitos da Formação Aquidauana, do Grupo Bauru e até mesmo dos arenitos ferruginosos da Formação Itapecuru (COELHO; VIDAL-TORRADO, 2003; ANJOS et al., 2007; GOMES et al., 2007; SCHIAVO et al., 2010), que têm a característica comum de não contribuir muito no aumento no teor de ferro e na intensidade da cor vermelha dos solos. Contudo, quando comparados aos solos plínticos oriundos de rochas com teor de ferro mas elevado, como as da Formação Paraupébas ou do Grupo Paranoá (BARBOSA; LACERDA; BILICH, 2009; CORRÊA et al.,

2021), estes apresentam tonalidades mais intensas de vermelho, mesmo com variações de drenagem.

À semelhança dos solos plínticos do Brasil e da Nigéria (COELHO; VIDAL-TORRADO, 2003; ANJOS et al., 2007; SCHIAVO et al., 2010; BEIRIGO, 2013; ABUBAKAR; ZEGA; JAYEOBA, 2019), os solos plínticos do Mali têm o arenito como o principal material de origem, resultando em uma granulometria mais grosseira, com menor quantidade de argila, com maior frequência da classe textural franca ou mais arenosa em seus horizontes no perfil de solo.

Em relação às características químicas, os solos plínticos estudados apresentam, em sua maioria, baixos valores de soma de bases trocáveis (SB), apesar dos solos de Siani terem valores médios de $6,5 \text{ cmolc/dm}^3$, podendo estes serem considerados elevados para os padrões dos solos plínticos encontrados no Brasil (COELHO; VIDAL-TORRADO, 2003; ANJOS et al., 2007; GOMES et al., 2007; BARBOSA; LACERDA; BILICH, 2009; SCHIAVO et al., 2010; CORRÊA et al., 2021). Porém, na Nigéria (IBRAHIM et al., 2016; ABUBAKAR; ZEGA; JAYEOBA, 2019) e em Benin (JUNGE; SKOWRONEK, 2007) os solos plínticos apresentam uma tendência de valores mais elevados de SB. Este fato está ligado aos períodos de menor taxa de intemperismo-lixiviação, por decorrência de climas mais secos ocorrentes na África Ocidental nos diferentes tempos geológicos por mais tempo que na maior parte do Brasil (TARDY; KOBILSEK; PAQUET, 1991; SCHAEFER et al., 2015). Como consequência, a acidez potencial ($H + Al$) tem participação maior na capacidade de troca de cátions (CTC) a pH 7,0 dos solos brasileiros, e os valores de saturação por bases (Valor V) são menores do que aqueles dos solos plínticos do Mali, Benin e Nigéria. Isso se reflete também nos valores de acidez ativa, sendo mais comum encontrar-se horizontes do solo com pH em água menor que 5 no Brasil do que na África Ocidental.

Os valores de pH em água não distinguem os diversos solos plínticos originados de arenito no Brasil e na Nigéria (ANJOS et al., 2007; GOMES et al., 2007; BARBOSA; LACERDA; BILICH, 2009; SCHIAVO et al., 2010; BEIRIGO, 2013; ABUBAKAR; ZEGA; JAYEOBA, 2019), no que tange às diferenças substanciais de teores de fósforo disponível.

2.3 Solos plínticos e a produção agrícola no Mali

2.3.1 Aspectos morfológicos e físicos

Os solos plínticos apresentam majoritariamente problemas relacionados à sua drenagem, sendo fruto de sua própria gênese, o que não é diferente no Mali. Ainda, quando apresentam uma drenagem menos restringida, ocorrem as concreções que limitam as operações mecanizadas, além de dificultar a percolação da água se a bancada laterítica-horizonte F estiver presente). Práticas de convivência com esta limitação são vitais para a utilização agrícola destes solos. Diante desta premissa, diversos trabalhos têm contemplado a necessidade de adotar um planejamento que possa estabelecer, a partir do histórico de inundações e das relações solo-paisagem, o período de tempo no qual a cultura deve ser implantada, evitando perdas significativas da produção agrícola (ZHANG et al., 2016; PACETTI; CAPORALI; RULLI, 2017; SHRESTHA et al., 2017). Dos solos estudados apenas o S1, S2 e S3 apresentam-se bem drenados. Os demais requerem planejamento para se evitar perdas agrícolas por deficiência de oxigênio (anoxia) às raízes das plantas.

A drenagem adequada é uma característica desejada na maioria das culturas comerciais, porém, atualmente, é possível encontrar-se plantas que têm níveis de tolerância ao estresse da falta de oxigênio, considerando um período de tempo na permanência deste acometimento (PEDERSEN; PERATA; VOESENEK, 2017).

Nos solos imperfeitamente drenados, a água é removida lentamente do solo, de tal modo que ele permanece saturado por período significativo, mas não durante a maior parte do ano (SANTOS et al., 2015). O cultivo de plantas que suportam alagamento é o ideal nessas condições. Porém, pode-se usar estratégias para o período seco do ano, quando a saturação de água nestas áreas diminui, possibilitando seu uso para culturas de ciclo curto que não necessariamente suportam alagamento (THOM; WELLS, 1987; PEDERSEN; PERATA; VOESENEK, 2017).

Nos solos plínticos, outro fator que limita a produtividade agrícola a ser levado em consideração é o impedimento físico que ocorre nestes solos, dificultando a penetração de raízes e diminuindo o volume de solo explorado pelas mesmas, o que pode ser indicado pela pedregosidade e rochosidade. A Tabela 3 mostra a ocorrência de pedregosidade e rochosidade (na superfície) dos perfis de solos estudados. O horizonte litoplíntico (F) (TABELA 1, APÊNDICE A), que ocorre principalmente na área de Bandiagara II, limita o volume

explorado pelas raízes à profundidade em que ele ocorre. Na área de Siani, o horizonte F ocorre no perfil S2 (TABELA 3, APÊNDICE A), mas em maior profundidade do que ocorre nos solos de Bandiagara II. A plintita (f) e a petroplintita (c) também contribuem na redução do volume de solo explorado, pois as raízes não conseguem adentrar nestes materiais e aprofundar no solo, devido a essas barreiras físicas.

Como prática recomendada nestes casos, pode-se citar a adequação dos espaçamentos da cultura a ser instalada, a viabilidade do uso de maquinário agrícola em menores profundidades e seu desgaste acelerado pelos materiais plínticos. No caso de agricultura com baixo nível tecnológico como no Mali, pode-se proceder o recolhimento manual das petroplintitas. Solos com características semelhantes a este impedimento físico foram estudados na vila de Sadoré (Níger) por Wildemeersch et al. (2015). Os solos com maiores limitações necessitariam de maquinário específico ou o emprego de tração animal para realizar o cultivo (RAMALHO FILHO; BEEK, 1995). Nas áreas estudadas, a agricultura tem um baixo nível tecnológico, especialmente em Bandiagara II, onde até a tração animal está ausente, e a retirada destes empecilhos físicos deve ser realizada manualmente.

Além da presença de materiais plínticos, outro fator que pode interferir no acesso à exploração das raízes a um maior volume de solo, é o incremento substancial de argila em profundidade, causado classicamente pela argiluviação. À medida que o gradiente textural aumenta, ocorre uma menor infiltração de água nos horizontes subsuperficiais, ocasionando aumento do fluxo lateral de água, contribuindo para uma maior vulnerabilidade destes solos aos processos erosivos. Em seu trabalho, Xiong et al. (2018) relatam a importância de cuidados para evitar a erosão. Os solos plínticos de Siani são relativamente mais suscetíveis à perda lateral de argila dos que os de Bandiagara II (SILVA et al., 2021).

As perdas de argila e consequentemente o potencial de erosão hídrica podem ser atenuados pela adoção do plantio direto e/ou da integração lavoura-pecuária, podendo constituir estratégias para incrementar o potencial produtivo, proporcionar acúmulo de matéria orgânica e consequentemente maior agregação do solo (LOSS et al., 2011; PEIXOTO et al., 2020) em ambas as áreas estudadas.

A adoção dos sistemas acima descritos, no entanto, encontra grande dificuldade, especialmente na área de Bandiagara II, onde há maior intensidade do processo erosivo, devido ao sistema de manejo adotado ser menos tecnológico. Condições de erosão têm sido

relatadas e relacionadas às principais perdas agronômicas e de degradação do solo na zona do Sahel por Obalum et al. (2012, 2017).

2.3.2 Aspectos químicos

Em Bandiagara II os solos são distróficos, fortemente ácidos e apesar de não se apresentarem álicos, possuem saturação por alumínio considerável, chegando a 43% no perfil B2. Já em Siani, os solos se apresentam eutróficos e com valores de pH mais elevados, sendo a maioria dos horizontes dos solos enquadrados como moderadamente ácidos (TABELA 3, APÊNDICE A), não apresentando, portanto, toxidez por Al^{3+} . Assim, em Bandiagara II, considerando a profundidade média de até 25 cm, os solos podem oferecer grande decréscimo de produtividade se o Al^{3+} não for neutralizado. A opção por variedades resistentes à toxidez por alumínio pode atenuar esse decréscimo na produtividade (BALIGAR et al., 1993; CANIATO et al., 2007; MAGALHAES et al., 2007; DE ASSIS et al., 2011), mas o emprego da calagem é mais prático para uma produtividade satisfatória. Ainda, a gessagem pode ser utilizada para neutralização do alumínio trocável em profundidade, limitando sua toxidez. A gessagem ainda promove uma melhor agregação do solo e um maior aprofundamento do sistema radicular, melhorando a absorção de água e o fornecimento de cálcio e enxofre às raízes das plantas em profundidade (CARDUCCI et al., 2014; SILVA et al., 2015; LOPES; GUIMARÃES GUILHERME, 2016; VIEIRA FONTOURA et al., 2019; DA COSTA et al., 2021):

O pH também influencia a disponibilidade de nutrientes no solo, porém, a capacidade natural destes solos plínticos tropicais ricos em minerais de óxidos de ferro em disponibilizar fósforo naturalmente é muito baixa, sendo que os solos plínticos do Mali não fogem deste padrão.

O incremento do teor de matéria orgânica do solo (MOS) pode aumentar consideravelmente os teores de fósforo, nitrogênio e enxofre, os quais são tão essenciais às culturas. Uma vez que estes solos plínticos apresentam, nos horizontes superficiais, valores de 1% a 1,4% de MOS (TABELA 3, APÊNDICE A), é essencial se considerar a adoção de práticas de manejo que aumentem tais teores, visando o aumento da sustentabilidade agrícola, aumentando o Valor T, a retenção de água, a agregação e a prevenção da erosão hídrica, e diminuindo os problemas relacionados à baixa fertilidade natural destes solos plínticos.

4 CONCLUSÕES

Os solos plínticos estudados no subambiente Siani, no Mali, oriundos principalmente de arenito, são mais ricos em bases trocáveis e têm saturação por bases mais elevada do que a maioria dos solos plínticos brasileiros oriunda desse mesmo material de origem.

Os solos plínticos do subambiente Bandiagara II, no Mali, são naturalmente inferiores em capacidade de produção agrícola e demandam, por este aspecto, maior intervenção de técnicas agronômicas.

Parte dos solos plínticos do Mali possui potencial de promover uma agricultura com potencial produtivo satisfatório, contudo, são necessárias expressivas intervenções tecnológicas envolvendo aplicação de insumos (corretivos e fertilizantes), escolha de cultivares adaptadas e práticas conservacionistas, bem como implementos agrícolas adaptados à realidade daquele país.

REFERÊNCIAS

- ABUBAKAR, M.; ZEGA, Z.; JAYEOBA, J. O. Major Characteristics and Classification of Soils in Duduguru, Obi Lga of Nasarawa State, Nigeria. **Agricultural Research Journal**, v. 56, p. 417, 1 Jan. 2019. doi: 10.5958/2395-146X.2019.00067.X.
- ANJOS, L. H. C. dos; PEREIRA, M. G.; PÉREZ, D. V.; RAMOS, D. P. Caracterização e Classificação de Plintossolos No Município de Pinheiro-MA. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 31, n. 5, p. 1035–1044, Oct. 2007. doi: 10.1590/S0100-06832007000500020.
- ASIAMAH, R.; DWOMO, O. Ethno-Management of Plinthic and Ironpan Soils in the Savanna Regions of West Africa. **Ghana Journal of Agricultural Science**, v. 42, n. 1–2, p. 25–29, 2010. doi: 10.4314/gjas.v42i1-2.60641.
- BALIGAR, V. C.; SCHAFFERT, R. E.; DOS SANTOS, H. L.; PITTA, G. V. E.; DE C. BAHIA FILHO, A. F. Growth and Nutrient Uptake Parameters in Sorghum as Influenced by Aluminum. **Agronomy Journal**, v. 85, n. 5, p. 1068–1074, Sep. 1993. doi: 10.2134/agronj1993.00021962008500050021x.
- BARBOSA, I. O.; LACERDA, M. P. C.; BILICH, M. R. Relações Pedomorfogeológicas Nas Chapadas Elevadas Do Distrito Federal. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 33, n. 5, p. 1373–1383, Oct. 2009. doi: 10.1590/S0100-06832009000500029.
- BEIRIGO, R. M. **Formação e degradação de feições redoximórficas em solos do Pantanal - MT**. 2013. Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2013.
- BESSOLES, B. Le craton ouest-africa: Burear Géologiques et Minières Memoir. In: **Géologie de l'Afrique**. 1. ed. Paris: Editions B. R. G. M. (1980), 1977. p. 402.
- BÜNEMANN, E. K.; BONGIORNO, G.; BAI, Z.; CREAMER, R. E.; DE DEYN, G.; DE GOEDE, R.; FLESKENS, L.; GEISSEN, V.; KUYPER, T. W.; MÄDER, P.; PULLEMAN, M.; SUKKEL, W.; VAN GROENIGEN, J. W.; BRUSSAARD, L. Soil Quality – A Critical Review. **Soil Biology and Biochemistry**, v. 120, n. February, p. 105–125, 2018. doi: 10.1016/j.soilbio.2018.01.030.
- CANIATO, F. F.; GUIMARÃES, C. T.; SCHAFFERT, R. E.; ALVES, V. M. C.; KOCHIAN, L. V.; BORÉM, A.; KLEIN, P. E.; MAGALHAES, J. V. Genetic Diversity for Aluminum Tolerance in Sorghum. **Theoretical and Applied Genetics**, v. 114, n. 5, p. 863–876, 23 Feb. 2007. doi: 10.1007/s00122-006-0485-x.
- CARDUCCI, C. E.; OLIVEIRA, G. C.; CURI, N.; HECK, R. J.; ROSSONI, D. F.; DE CARVALHO, T. S.; COSTA, A. L. Gypsum Effects on the Spatial Distribution of Coffee Roots and the Pores System in Oxidic Brazilian Latosol. **Soil and Tillage Research**, v. 145, p. 171–180, 2014. doi: 10.1016/j.still.2014.09.015.

CHARDON, D.; GRIMAUD, J. L.; BEAUVAIS, A.; BAMBA, O. West African Lateritic Pediments: Landform-Regolith Evolution Processes and Mineral Exploration Pitfalls. **Earth-Science Reviews**, v. 179, n. February, p. 124–146, 2018. doi:10.1016/j.earscirev.2018.02.009.

COELHO, M. R.; VIDAL-TORRADO, P. Caracterização e Gênese de Perfis Plínticos Desenvolvidos de Arenito Do Grupo Bauru. II - Mineralogia. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 27, n. 3, p. 495–507, 2003. doi: 10.1590/s0100-06832003000300011.

CORRÊA, G.; SCHAEFER, C. E.; CORRÊA, G.; GILKES, R.; MENDONÇA, B.; NUNES, J.; PRAKONGKEP, N. Caracterização de Solos Derivados de Rochas Máficas Na Serra de Carajás. **Boletim do Museu Paraense Emílio Goeldi - Ciências Naturais**, v. 11, n. 1 SE-Dossiê, 18 Jan. 2021.

DA COSTA, C. H. M.; WANDER, M. M.; CRUSCIOL, C. A. C.; UGARTE, C.; RIGON, J. P. G.; SORATTO, R. P.; CALONEGO, J. C. Long-term Effects of Lime and Phosphogypsum on Soil Carbon and Nitrogen and Physical Attributes under Tropical No-till. **Soil Science Society of America Journal**, v. 85, n. 2, p. 328–339, 10 Mar. 2021. doi: 10.1002/saj2.20182.

DE ASSIS, A. C. C.; COELHO, R. M.; DA PINHEIRO, E. S.; DURIGAN, G. Water Availability Determines Physiognomic Gradient in an Area of Low-Fertility Soils under Cerrado Vegetation. **Plant Ecology**, v. 212, n. 7, p. 1135–1147, 2011. doi: 10.1007/s11258-010-9893-8.

DE AZEVEDO, J. R.; BUENO, C. R. P. POTENCIALIDADES E LIMITAÇÕES AGRÍCOLAS DE SOLOS EM ASSENTAMENTO DE REFORMA AGRÁRIA NO MUNICÍPIO DE CHAPADINHA-MA. **Scientia Agraria**, v. 17, n. 3, p. 1, 6 Mar. 2017. doi: 10.5380/rsa.v17i3.46841.

FIDALSKI, J.; TORMENA, C. A.; ALVES, S. J.; AULER, P. A. M. Influência Das Frações de Areia Na Retenção e Disponibilidade de Água Em Solos Das Formações Caiuá e Paranavaí. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 37, n. 3, p. 613–621, Jun. 2013. doi: 10.1590/S0100-06832013000300007.

FONTANA, A.; VIANA, J. H. M.; DONAGEMMA, G. K.; ALMEIDA, B. G. de; CORREA, J. C. de O.; OLIVEIRA, E. M. de. Preparo de amostras e separação de terra fina, cascalho e calhaus. In: TEIXEIRA, P. C.; DONAGEMMA, G. K.; FONTANA, A.; TEIXEIRA, W. G. (Ed.). **Manual de Métodos de Análise de solo**. 3. ed. [s.l.: s.n.] p. 21–27.

GENTHON, P.; HECTOR, B.; LUXEREAU, A.; DESCLOITRES, M.; ABDU, H.; HINDERER, J.; BAKALOWICZ, M. Groundwater Recharge by Sahelian Rivers—Consequences for Agricultural Development: Example from the Lower Komadugu Yobe River (Eastern Niger, Lake Chad Basin). **Environmental Earth Sciences**, v. 74, n. 2, p. 1291–1302, 10 Jul. 2015. doi: 10.1007/s12665-015-4119-y.

GOMES, J. B. V.; CURI, N.; SCHULZE, D. G.; MARQUES, J. J. G. de S. e M.; KER, J. C.; MOTTA, P. E. F. da. Mineralogia e Micromorfologia de Solos Esqueléticos Do Bioma Cerrado, No Leste de Goiás. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 31, n. 5, p. 875–886, Oct. 2007. doi: 10.1590/S0100-06832007000500005.

GUPTA, G. S. Land Degradation and Challenges of Food Security. **Review of European Studies**, v. 11, n. 1, p. 63, 25 Jan. 2019. doi: 10.5539/res.v11n1p63.

HOPESTONE, K. C. The Role of ICTs in Agricultural Production in Africa. **Journal of Development and Agricultural Economics**, v. 6, n. 7, p. 279–289, 1 Jul. 2014. doi: 10.5897/JDAE2013.0517.

IBRAHIM, J.; MALGWI, W.; ALIYU, J.; SHOBAYO, A. CHARACTERIZATION, CLASSIFICATION AND AGRICULTURAL POTENTIALS OF SOILS OF GABARI DISTRICT, ZARIA, NORTHERN GUINEA SAVANNA ZONE NIGERIA. **Biological and Environmental Sciences Journal for the Tropics**, v. 13, p. 102–113, 30 Aug. 2016.

JESSELL, M. W.; BEGG, G. C.; MILLER, M. S. The Geophysical Signatures of the West African Craton. **Precambrian Research**, v. 274, p. 3–24, 2016. doi: 10.1016/j.precamres.2015.08.010.

JOZEFACIUK, G.; CZACHOR, H. Impact of Organic Matter, Iron Oxides, Alumina, Silica and Drying on Mechanical and Water Stability of Artificial Soil Aggregates. Assessment of New Method to Study Water Stability. **Geoderma**, v. 221–222, p. 1–10, Jun. 2014. doi: 10.1016/j.geoderma.2014.01.020.

JUNGE, B.; SKOWRONEK, A. Genesis, Properties, Classification and Assessment of Soils in Central Benin, West Africa. **Geoderma**, v. 139, n. 3–4, p. 357–370, May 2007. doi: 10.1016/j.geoderma.2007.02.015.

KESSTRA, S. D.; BOUMA, J.; WALLINGA, J.; TITTONELL, P.; SMITH, P.; CERDÀ, A.; MONTANARELLA, L.; QUINTON, J. N.; PACHEPSKY, Y.; VAN DER PUTTEN, W. H.; BARDGETT, R. D.; MOOLENAAR, S.; MOL, G.; JANSEN, B.; FRESCO, L. O. The Significance of Soils and Soil Science towards Realization of the United Nations Sustainable Development Goals. **SOIL**, v. 2, n. 2, p. 111–128, 7 Apr. 2016. doi: 10.5194/soil-2-111-2016.

LEPRÊTRE, R.; BARBARAND, J.; MISSENARD, Y.; LEPARMENTIER, F.; FRIZON DE LAMOTTE, D. Vertical Movements along the Northern Border of the West African Craton: The Reguibat Shield and Adjacent Basins. **Geological Magazine**, v. 151, n. 5, p. 885–898, 13 Sep. 2014. doi: 10.1017/S0016756813000939.

LOPES, A. S.; GUIMARÃES GUILHERME, L. R. A Career Perspective on Soil Management in the Cerrado Region of Brazil. In: SPARKS, D. L. (Ed.). **Advances in Agronomy**. v 137 ed. Amsterdã: Elsevier Ltd, 2016. p. 1–72.

LOSS, A.; PEREIRA, M. G.; GIÁCOMO, S. G.; PERIN, A.; ANJOS, L. H. C. dos. Agregação, Carbono e Nitrogênio Em Agregados Do Solo Sob Plantio Direto Com Integração Lavoura-Pecuária. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 46, n. 10, p. 1269–1276, Oct. 2011. doi: 10.1590/S0100-204X2011001000022.

MAGALHAES, J. V.; LIU, J.; GUIMARÃES, C. T.; LANA, U. G. P.; ALVES, V. M. C.; WANG, Y.-H.; SCHAFFERT, R. E.; HOEKENGA, O. A.; PIÑEROS, M. A.; SHAFF, J. E.; KLEIN, P. E.; CARNEIRO, N. P.; COELHO, C. M.; TRICK, H. N.; KOCHIAN, L. V. A Gene in the Multidrug and Toxic Compound Extrusion (MATE) Family Confers Aluminum

Tolerance in Sorghum. **Nature Genetics**, v. 39, n. 9, p. 1156–1161, 26 Sep. 2007. doi: 10.1038/ng2074.

MIGUEL, P.; DALMOLIN, R. S. D.; PEDRON, F. de A.; FINK, J. R.; MOURA-BUENO, J. M. Caracterização de Plintitas e Petroplintitas Em Solos Da Depressão Central Do Rio Grande Do Sul. **Ciência Rural**, v. 43, n. 6, p. 999–1005, 2013. doi: 10.1590/S0103-84782013005000065.

NILSSON, M.; GRIGGS, D.; VISBECK, M. Policy: Map the Interactions between Sustainable Development Goals. **Nature**, v. 534, n. 7607, p. 320–322, 15 Jun. 2016. doi: 10.1038/534320a.

OBALUM, S. E.; BURI, M. M.; NWITE, J. C.; HERMANSAH; WATANABE, Y.; IGWE, C. A.; WAKATSUKI, T. Soil Degradation-Induced Decline in Productivity of Sub-Saharan African Soils: The Prospects of Looking Downwards the Lowlands with the Sawah Ecotechnology. **Applied and Environmental Soil Science**, v. 2012, p. 1–10, 2012. doi: 10.1155/2012/673926.

OBALUM, S. E.; CHIBUIKE, G. U.; PETH, S.; OUYANG, Y. Soil Organic Matter as Sole Indicator of Soil Degradation. **Environmental Monitoring and Assessment**, v. 189, n. 4, p. 176, 21 Apr. 2017. doi: 10.1007/s10661-017-5881-y.

OTEKUNRIN, O. A.; OTEKUNRIN, O. A.; MOMOH, S.; AYINDE, I. A. How Far Has Africa Gone in Achieving the Zero Hunger Target? Evidence from Nigeria. **Global Food Security**, v. 22, p. 1–12, Sep. 2019. doi: 10.1016/j.gfs.2019.08.001.

PACETTI, T.; CAPORALI, E.; RULLI, M. C. Floods and Food Security: A Method to Estimate the Effect of Inundation on Crops Availability. **Advances in Water Resources**, v. 110, p. 494–504, Dec. 2017. doi: 10.1016/j.advwatres.2017.06.019.

PEDERSEN, O.; PERATA, P.; VOESENEK, L. A. C. J. Flooding and Low Oxygen Responses in Plants. **Functional Plant Biology**, v. 44, n. 9, p. iii, 2017. doi: 10.1071/FPv44n9_FO.

PEIXOTO, D. S.; SILVA, L. de C. M. da; MELO, L. B. B. de; AZEVEDO, R. P.; ARAÚJO, B. C. L.; CARVALHO, T. S. de; MOREIRA, S. G.; CURI, N.; SILVA, B. M. Occasional Tillage in No-Tillage Systems: A Global Meta-Analysis. **Science of The Total Environment**, v. 745, p. 140887, Nov. 2020. doi: 10.1016/j.scitotenv.2020.140887.

PENN, C.; CAMBERATO, J. A Critical Review on Soil Chemical Processes That Control How Soil PH Affects Phosphorus Availability to Plants. **Agriculture**, v. 9, n. 6, p. 120, 8 Jun. 2019. doi: 10.3390/agriculture9060120.

PRETTY, J. N.; WILLIAMS, S.; TOULMIN, C. (ed.). **Sustainable Intensification**. 1st. ed. London: Routledge, 2012.

RAMALHO FILHO, A.; BEEK, K. J. **Sistema de avaliação da aptidão agrícola das terras**. 3. ed. Rio de Janeiro: EMBRAPA, 1995.

ROJAS, O.; VRIELING, A.; REMBOLD, F. Assessing Drought Probability for Agricultural Areas in Africa with Coarse Resolution Remote Sensing Imagery. **Remote Sensing of Environment**, v. 115, n. 2, p. 343–352, 15 Feb. 2011. doi: 10.1016/j.rse.2010.09.006.

SANTOS, H. G. dos; JACOMINE, P. K. T.; ANJOS, L. H. C. dos; OLIVEIRA, V. Á. de; LUMBRERAS, J. F.; COELHO, M. R.; ALMEIDA, J. A. de; FILHO, J. C. de A.; OLIVEIRA, J. B. de; CUNHA, T. J. F. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. 5. ed. Brasília: EMBRAPA, 2018.

SANTOS, R. D. dos; SANTOS, H. G. dos; KER, J. C.; ANJOS, L. H. C. dos; SHIMIZU, S. H. **Manual de Descrição e Coleta de Solo no campo**. Viçosa: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2015.

SCHAEFER, C. E. G. R.; CÂNDIDO, H. G.; PEREIRA, A.; NUNES, J. A.; SOUZA, O. F.; MARINS, A.; FERNANDES FILHO, E.; KER, J. C. Solos desenvolvidos sobre canga ferruginosa no Brasil: Uma revisão crítica e papel ecológico de termiteiros. In: CARMO, F. F. DO; KAMINO, L. H. Y. K. (Ed.). **Geossistemas Ferruginosos do Brasil: áreas prioritárias para conservação da diversidade geológica e biológica, patrimônio cultural e serviços ambientais**. 1. ed. Belo Horizonte: 3i Editora, 2015. p. 552.

SCHIAVO, J. A.; PEREIRA, M. G.; MIRANDA, L. P. M. de; DIAS NETO, A. H.; FONTANA, A. Caracterização e Classificação de Solos Desenvolvidos de Arenitos Da Formação Aquidauana-MS. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 34, n. 3, p. 881–889, Jun. 2010. doi: 10.1590/S0100-06832010000300029.

SHRESTHA, R.; DI, L.; YU, E. G.; KANG, L.; SHAO, Y.; BAI, Y. Regression Model to Estimate Flood Impact on Corn Yield Using MODIS NDVI and USDA Cropland Data Layer. **Journal of Integrative Agriculture**, v. 16, n. 2, p. 398–407, Feb. 2017. doi: 10.1016/S2095-3119(16)61502-2.

SILVA, B. M.; OLIVEIRA, G. C.; SERAFIM, M. E.; SILVA, É. A.; FERREIRA, M. M.; NORTON, L. D.; CURI, N. Critical Soil Moisture Range for a Coffee Crop in an Oxidic Latosol as Affected by Soil Management. **Soil and Tillage Research**, v. 154, p. 103–113, 2015. doi: 10.1016/j.still.2015.06.013.

SILVA, D. L. de A.; CAMÊLO, D. de L.; ARAÚJO FILHO, J. C. de; SANTOS, J. C. B. dos; SOUZA JUNIOR, A. J. de; SOUZA JUNIOR, V.; CORRÊA, M. M. Genesis of Clay Skins in Tropical Eutric Soils: A Case Study from NE-Brazil. **CATENA**, v. 202, p. 105236, Jul. 2021. doi: 10.1016/j.catena.2021.105236.

SIVAKUMAR, M. V. K. Predicting Rainy Season Potential from the Onset of Rains in Southern Sahelian and Sudanian Climatic Zones of West Africa. **Agricultural and Forest Meteorology**, v. 42, n. 4, p. 295–305, Apr. 1988. doi: 10.1016/0168-1923(88)90039-1.

TARDY, Y.; KOBILSEK, B.; PAQUET, H. Mineralogical Composition and Geographical Distribution of African and Brazilian Peri-atlantic Laterites. The Influence of Continental Drift and Tropical Paleoclimates during the Past 150 Million Years and Implications for India and

Australia. **Journal of African Earth Sciences**, v. 12, n. 1–2, p. 283–295, 1991. doi: 10.1016/0899-5362(91)90077-C.

TEIXEIRA, P. C.; DONAGEMMA, G. K.; FONTANA, A.; TEIXEIRA, W. G. **Manual de Métodos de Análise de Solo**. Brasília: Embrapa Solos, 2017.

THOM, D. J.; WELLS, J. C. Farming Systems in the Niger Inland Delta, Mali. **Geographical Review**, v. 77, n. 3, p. 328, Jul. 1987. doi: 10.2307/214124.

TRAORE, B.; CORBEELS, M.; VAN WIJK, M. T.; RUFINO, M. C.; GILLER, K. E. Effects of Climate Variability and Climate Change on Crop Production in Southern Mali. **European Journal of Agronomy**, v. 49, p. 115–125, Aug. 2013. doi: 10.1016/j.eja.2013.04.004.

VAN BREEMEN, N.; BUURMAN, P. **Soil formation**. Dordrecht: Kluwer Academic Publishers, 2002.

VIEIRA FONTOURA, S. M.; DE CASTRO PIAS, O. H.; TIECHER, T.; CHERUBIN, M. R.; DE MORAES, R. P.; BAYER, C. Effect of Gypsum Rates and Lime with Different Reactivity on Soil Acidity and Crop Grain Yields in a Subtropical Oxisol under No-Tillage. **Soil and Tillage Research**, v. 193, p. 27–41, Oct. 2019. doi: 10.1016/j.still.2019.05.005.

WILDEMEERSCH, J. C. J.; GARBA, M.; SABIU, M.; SLEUTEL, S.; CORNELIS, W. The Effect of Water and Soil Conservation (WSC) on the Soil Chemical, Biological, and Physical Quality of a Plinthosol in Niger. **Land Degradation & Development**, v. 26, n. 7, p. 773–783, Oct. 2015. doi: 10.1002/ldr.2416.

WRB IUSS WORKING GROUP. **World Reference Base for Soil Resources 2014. International soils classification system for naming soils and creating legends for soil maps**. 1° ed. Roma: FAO, 2015.

XIONG, M.; SUN, R.; CHEN, L. Effects of Soil Conservation Techniques on Water Erosion Control: A Global Analysis. **Science of The Total Environment**, v. 645, p. 753–760, Dec. 2018. doi: 10.1016/j.scitotenv.2018.07.124.

YE, J.; CHARDON, D.; ROUBY, D.; GUILLOCHEAU, F.; DALL’ASTA, M.; FERRY, J.-N.; BROUCKE, O. Paleogeographic and Structural Evolution of Northwestern Africa and Its Atlantic Margins since the Early Mesozoic. **Geosphere**, p. GES01426.1, 26 May 2017. doi: 10.1130/GES01426.1.

ZHANG, Q.; GU, X.; SINGH, V. P.; LIU, L.; KONG, D. Flood-Induced Agricultural Loss across China and Impacts from Climate Indices. **Global and Planetary Change**, v. 139, p. 31–43, Apr. 2016. doi: 10.1016/j.gloplacha.2015.10.006.

APÊNDICE A

Tabela 1 - Horizontes, coloração, classe textural e estrutura dos solos analisados (continua).

Hor	Prof.	Cor Munsell (úmida)		Classe textural	Estrutura ⁽²⁾
		Matriz	Mosqueado ⁽¹⁾		
	cm			B1	
A	0- 15	10YR 6/2	2,5YR 4/8 p. peq.	franca	g. s. a fr. peq. gran.
AB	15- 31	10YR 7/2	2,5YR 4/8 p. peq.	franco-argilosa	m. peq. bl. ang.
Bc	31- 42	7,5YR 5/2		franco-argilosa	m. peq. gran.
F	42- 60+				
				B2	
Apf	0- 15	7,5YR 5/2		franca	m. peq. bl. ang.
Bc	15- 23	7,5YR 5/2		franco-argilosa	m. peq. bl. sub.
F	23- 30+				
				B3	
Ap	0- 20	7,5YR 4/4		argila	m. peq. e méd. bl. ang.
Btf	20- 54	7,5YR 4/6		muito argilosa	m. gr. bl. ang.
Bf1	54- 108	10YR 5/6		argila	fr. a m. méd. bl. ang.
Bf2	108- 165	10YR 6/4	2,5YR 4/8	argila	m. peq. e méd. bl. ang.
Bc	108- 175+				

Hor: Horizonte; Prof.: Profundidade; ⁽¹⁾ p.: pouco; peq.: pequeno; ⁽³⁾ g.: grãos; s.: simples; fr.:fraca; peq.: pequena; gran.:granular; m.: moderada; bl.: blocos; ang.: angulares; méd.: média; gr.: grande; sub.: subangulares.

Fonte: Do autor.

Tabela 1 - Horizonte, coloração, classe textural e estrutura dos solos analisados.

Hor	Prof.	Cor Munsell (úmida)		Classe textural	Estrutura ⁽²⁾
		Matriz	Mosqueado ⁽¹⁾		
S1					
Ap	0- 10	7,5YR 5/4		franco-arenosa	fr. peq. bl. ang.
BAf	10- 25	5YR 4/6		franca	m. méd. bl. ang.
Btc	25- 65	2,5YR 5/6	2,5YR 4/2 var.	franco-argilosa	m. gr. bl. ang.
Cf	65- 150	2,5YR 3/6	2,5YR 4/2 var.	franco-argilosa	maciça
S2					
Apc	0- 23	10YR 4/3		franca	m. peq. bl. ang.
Btcf	23- 60	10YR 3/3	2,5YR 5/8	franco-argilosa	fr. peq. gran.
Cc	60- 85	10YR 4/1		franca	fr. peq. gran.
F	85- 155+				
S3					
Apc	0- 20	5YR 3/2		franco-arenosa	m. peq. gran.
Bt	20- 35	5YR 4/6		argila	m. méd. bl. ang.
Cr	35- 45	5YR 5/6		argila	fr. méd. bl. sub.
S4					
Ap	0- 17	7,5YR 3/3		franco-arenosa	fr. peq. bl. ang.
AB	17- 36	7,5YR 4/3		franco- argiloarenosa	m. peq. bl. ang.
Bif	36- 58	10YR 5/4	5YR 4/3	franco-argilosa	m. méd. bl. ang.
BCf	58- 106	10YR 5/1		franco-argilosa	fr. peq. bl. ang.
Cfg	106- 140	10YR 6/1		franco-argilosa	fr. méd. bl. ang.

Hor: Horizonte; Prof.: Profundidade; ⁽¹⁾ var.: variegado; ⁽³⁾ g.: grãos; s.: simples; fr.:fraca; peq.: pequena; gran.:granular; m.: moderada; bl.: blocos; ang.: angulares; méd.: média; gr.: grande; sub.: subangulares.

Fonte: Do autor.

Tabela 2 - Caracterização física dos perfis de solos estudados.

Hor.	Granulometria							ADA	GF	Dp	
	AMG	AG	AM	AF	AMF	Areia	Silte				Argila
	----- g.kg ⁻¹ TFSA -----							%	g.cm ⁻³		
	B1										
A	8	9	97	230	86	430	390	180	96	47	2,78
AB	5	7	74	136	57	279	370	345	143	59	2,77
Bc	4	6	48	120	65	243	412	345	123	65	2,73
	B2										
Apf	4	16	106	172	61	359	380	255	118	55	2,80
Bc	10	17	114	122	64	327	403	270	97	65	2,69
	B3										
Ap	7	11	69	119	61	267	323	410	193	54	2,70
Btf	0	0	16	44	45	105	195	700	231	69	2,82
Bf1	6	15	25	57	61	164	270	575	193	68	2,82
Bf2	9	22	33	68	78	210	320	470	166	66	2,73
	S1										
Ap	15	18	15	259	299	606	290	95	50	47	2,74
BA	24	16	15	174	228	457	303	240	122	50	2,65
Btc	9	54	68	119	115	365	270	360	212	43	2,97
Cf	6	56	67	118	124	371	304	325	165	51	2,96
	S2										
Apc	105	24	33	124	144	430	435	135	92	33	3,02
Btcf	186	41	18	33	43	321	360	325	207	38	3,11
Cc	237	77	22	24	36	396	344	260	202	25	3,12
	S3										
Apc	22	24	77	355	115	593	287	120	71	42	2,99
Bt	4	11	30	183	73	301	269	430	210	52	2,78
Cr	11	13	30	190	85	329	240	425	221	49	3,03
	S4										
Ap	21	31	110	349	151	662	208	130	81	38	2,92
AB	6	16	94	276	136	528	237	235	118	51	2,81
Bif	2	12	79	266	101	460	240	300	185	40	3,13
BCf	8	33	86	176	67	370	255	375	218	44	2,69
Cfg	24	20	75	182	69	370	265	365	244	38	2,90

Hor.: horizonte; AMG: areia muito grossa; AG: areia grossa; AM: areia média; AF: areia fina; AMF: areia muito fina; ADA: argila dispersa em água; GF: grau de floculação; Dp: densidade de partículas.

Fonte: Do autor.

Tabela 3. Atributos de fertilidade do solo (continua).

Perfil	Hor.	pH KCl	pH H ₂ O	Δ pH	P	P- Rem	K	Na	Ca	Mg	Al	H+Al	SB	t	T	Targ	V	m	MOS
					mg/dm ³	mg/L	----- cmolc/dm ³ -----					----- % -----	dag/kg						
B1	A	4,5	5,2	-0,7	1,8	37,2	0,13	0,1	2,0	1,1	0,0	3,0	3,3	3,3	6,3	35,2	52,6	0,0	1,0
	AB	4,1	5,0	-0,9	0,1	18,8	0,10	0,1	1,6	0,9	0,8	5,3	2,6	3,4	7,9	23,0	33,2	23,3	0,5
	Bc	4,0	5,1	-1,1	0,2	15,5	0,11	0,1	1,3	0,7	1,1	5,2	2,2	3,3	7,4	21,5	29,7	33,3	0,4
B2	Apf	3,9	4,7	-0,8	2,0	13,9	0,17	0,1	1,3	0,5	1,0	6,5	2,1	3,1	8,6	33,6	24,0	32,7	1,2
	Bc	4,0	5,0	-1,0	0,6	13,9	0,14	0,1	0,8	0,3	1,0	6,1	1,3	2,3	7,4	27,5	17,9	42,8	0,6
B3	Ap	4,0	4,8	-0,8	2,1	9,6	0,16	0,1	3,3	1,8	0,3	5,2	5,4	5,7	10,6	25,8	50,8	5,3	1,1
	Btf	4,0	5,1	-1,1	0,1	5,0	0,10	0,1	3,0	1,5	0,6	5,5	4,8	5,4	10,3	14,7	46,4	11,2	0,6
	Bf1	4,0	5,1	-1,1	0,2	5,2	0,09	0,1	1,9	1,1	0,9	6,1	3,2	4,1	9,3	16,2	34,5	21,9	0,3
	Bf2	4,1	5,0	-0,9	0,1	4,6	0,09	0,1	1,5	1,1	1,0	6,3	2,8	3,8	9,1	19,3	30,4	26,6	0,2

Hor.: Horizonte; P: fósforo disponível; P-Rem: fósforo remanescente; K: potássio trocável; Na: sódio trocável; Ca: cálcio trocável; Mg: magnésio trocável; Al: alumínio trocável; H+Al: acidez potencial; SB: soma de bases; t: capacidade de troca catiônica efetiva; T: capacidade de troca catiônica potencial; Targ: atividade da argila; V: saturação por bases; m: saturação por alumínio; MOS.: matéria orgânica do solo.

Fonte: Do autor.

Tabela 3. Atributos de fertilidade do solo.

Perfil	Hor.	pH KCl	pH H ₂ O	ΔpH	P	P- Rem	K	Na	Ca	Mg	Al	H+Al	SB	t	T	Targ	V	m	M.O.
					mg/dm ³	mg/L	----- cmolc/dm ³ -----										--- % ---	dag/kg	
S1	Ap	5,8	6,3	-0,5	12,6	45,8	0,7	0,1	3,4	1,1	0,1	1,9	5,3	5,4	7,2	75,9	73,7	1,8	1,3
	BA	4,9	5,6	-0,7	0,9	34,9	0,5	0,1	2,6	1,0	0,1	2,1	4,1	4,2	6,2	26,0	66,4	2,4	0,7
	Btc	5,1	5,4	-0,3	0,2	12,8	0,2	0,1	2,6	1,9	0,1	2,7	4,8	4,9	7,5	20,7	63,8	2,1	0,5
	Cf	5,0	5,3	-0,3	0,2	11,0	0,2	0,1	2,5	1,5	0,1	2,3	4,3	4,4	6,6	20,4	65,3	2,3	0,1
S2	Apc	5,6	5,8	-0,2	9,5	38,9	0,3	0,1	5,4	1,5	0,1	1,8	7,3	7,4	9,1	67,6	80,3	1,3	1,4
	Btcf	4,9	5,5	-0,6	0,2	18,9	0,1	0,1	4,1	1,8	0,1	2,4	6,1	6,2	8,5	26,1	71,7	1,6	0,5
	Cc	5,3	5,8	-0,5	0,2	24,3	0,1	0,1	4,0	2,2	0,1	1,7	6,3	6,4	8,0	30,8	78,8	1,6	0,2
S3	Apc	4,9	5,5	-0,6	36,1	41,9	0,3	0,1	3,0	0,7	0,1	2,8	4,1	4,2	6,9	57,8	59,6	2,4	1,2
	Bt	4,1	4,9	-0,8	0,2	14,7	0,1	0,1	1,8	1,4	0,2	3,8	3,4	3,6	7,2	16,8	47,4	5,5	0,4
	Cr	4,1	5,0	-0,9	0,0	11,0	0,1	0,1	1,1	0,9	0,8	5,1	2,2	3,0	7,3	17,2	30,1	26,7	0,4
S4	Ap	5,3	6,5	-1,2	10,8	41,1	0,7	0,1	5,1	1,9	0,1	1,8	7,8	7,9	9,6	73,6	81,2	1,3	1,0
	AB	5,2	6,0	-0,8	1,9	23,4	0,2	0,1	5,6	2,8	0,2	2,0	8,7	8,9	10,7	45,5	81,3	2,2	0,8
	Bif	5,3	6,0	-0,7	0,4	16,0	0,2	0,1	5,6	3,6	0,1	2,1	9,5	9,6	11,6	38,6	81,8	1,0	0,3
	BCf	5,3	5,8	-0,5	0,3	13,9	0,2	0,1	5,9	4,5	0,1	1,9	10,7	10,8	12,6	33,7	85,0	0,9	0,1
	Cfg	5,5	6,2	-0,7	0,3	15,0	0,3	0,1	6,9	5,5	0,1	1,7	12,8	12,9	14,5	39,8	88,3	0,8	0,1

Hor.: Horizonte; P: fósforo disponível; P-Rem: fósforo remanescente; K: potássio trocável; Na: sódio trocável; Ca: cálcio trocável; Mg: magnésio trocável; Al: alumínio trocável; H+Al: acidez potencial; SB: soma de bases; t: capacidade de troca catiônica efetiva; T: capacidade de troca catiônica potencial; Targ: atividade da argila; V: saturação por bases; m: saturação por alumínio; MOS: matéria orgânica do solo.

Fonte: Do autor

ANEXO A

DESCRIÇÕES MORFOLÓGICAS DOS PERFIS DE SOLOS DO PROJETO COTTON SOLOS

Bandiagara II – Perfil 01

Número de campo – Perfil 01 - Data 12/07/19.

Classificação – Plintossolo Pétrico Litoplântico êndico, textura média/argilosa, epietrófico

Unidade de mapeamento – FFf1 (inclusão na U.M. – no limite dos 40 cm e na textura do hor.Bc)

Coordenadas – 12°11'1.18"N e 5°35'28.70"O.

Localização – Aldeia de Bandjagara II, região de Mopt (Mali).

Situação – relevo plano, trincheira sob vegetação antropizada da Savana.

Altitude – 332m.

Formação Geológica – Sedimentos do terciário(?).

Material Originário – Arenito.

Pedregosidade – ligeiramente pedregosa.

Rochosidade – não rochosa.

Relevo Local – Plano.

Relevo Regional – Plano.

Erosão – Laminar forte.

Drenagem – Moderadamente drenado.

Vegetação Primária – Savana.

Uso Atual – Savana com influência antrópica (retirada de lenha, cultivo intermitente, ...)

Clima – Bsh, segundo a classificação de Köppen

Descrito e Coletado por: F. H. Gomes, J. C. Avanzi e J.J.S.M. Marques

Descrição Morfológica

A – 0 - 0,15 m, bruno-acinzentado-escuro (10YR 4/2, seco) e cinzento-brunado-claro (10YR 6/2, úmido); mosqueado pouco pequeno (0,5 mm) e distinto vermelho (2,5YR 4/8); franco-argilossiltosa; grão simples a fraca pequena granular; macio, muito friável, ligeiramente plástico e ligeiramente pegajoso; transição plana e gradual.

AB – 0,15 - 0,31 m, bruno (10YR 5/3, seco) e cinzento-claro (10YR 7/2, úmido); mosqueado pouco pequeno (0,5 mm) e distinto vermelho (2,5YR 4/8); franco-argilossiltosa; moderada pequena blocos angulares; ligeiramente duro, friável, ligeiramente plástico e ligeiramente pegajoso; transição plana e clara.

Bc – 0,31 - 0,42 m, bruno (7,5YR 5/2); franco-argilossiltosa; moderada pequena granular; ligeiramente plástico e ligeiramente pegajoso; transição plana e abrupta.

F – 0,42 - 0,60 m +.

Raízes – Comuns no horizonte A; Poucas no horizonte AB; Raras no horizonte Bc.

Observações – Presença de poros comuns no horizonte A.

Bandiagara II – Perfil 03

Número de campo – Perfil 03 - Data 12/07/19.

Classificação – Plintossolo Pétrico Litoplúntico típico, textura média, distrófico

Unidade de mapeamento – FF1f1

Coordenadas - 12° 9'44.48"N e 5°34'6.58"O

Localização – Bandjagara II, região de Mopt (Mali).

Situação – Baixada em meio a área plana.

Altitude – 331m.

Formação Geológica – Sedimentos do terciário(?)

Material Originário – Arenito.

Pedregosidade – Pedregosa.

Rochosidade – Ligeiramente rochosa.

Relevo Local – Plano.

Relevo Regional – Plano.

Erosão – Laminar moderada.

Drenagem – moderadamente drenado.

Vegetação Primária – Savana.

Uso Atual – Lavoura de arroz.

Clima – Bsh, segundo a classificação de Köppen.

Descrito e Coletado por: F. H. Gomes, J. C. Avanzi e J.J.S.M. Marques.

Descrição Morfológica

Apf – 0 - 0,15 m, bruno (7,5YR 5/2); francossiltoza; moderada pequena blocos angulares; muito friável, ligeiramente plástico e ligeiramente pegajoso; transição plana e clara.

Bc – 0,15 - 0,23 m, bruno (7,5YR 5/2); franca cascalhenta (70%); moderada pequena blocos subangulares; ligeiramente plástico e ligeiramente pegajoso; transição plana e clara.

F – 0,23 - 0,30 m +.

Raízes – Comuns no horizonte Apf; Poucas no horizonte Bc; Raras no horizonte F.

Observações – O horizonte Apf aparenta indícios de pedoturbações; O horizonte F não foi amostrado.

Bandiagara II – Perfil 04

Número de campo – Perfil 04 - Data 12/07/19.
 Classificação – Plintossolo Argilúvico Distrófico típico, textura argilosa, epieutrófico
 Unidade de mapeamento – FTd1
 Coordenadas – 12°9'34.96"N e 5°34'16.94"O
 Localização – Bandjagara II, região de Mopt (Mali).
 Situação – Larga baixada plana.
 Altitude – 327.
 Formação Geológica – Sedimentos do terciário(?).
 Material Originário – Arenito com provável contribuição de materiais clásticos mais finos
 Pedregosidade – Não pedregosa.
 Rochosidade – Não rochosa.
 Relevo Local – Plano.
 Relevo Regional – Plano.
 Erosão – Laminar forte.
 Drenagem – Moderadamente drenado.
 Vegetação Primária – Savana.
 Uso Atual – Pastagem nativa.
 Clima – Bsh, segundo a classificação de Köppen.
 Descrito e Coletado por: F. H. Gomes, J. C. Avanzi e J.J.S.M. Marques.

Descrição Morfológica

Ap – 0 - 0,20 m, bruno (7,5YR 4/4); argilossiltosa; moderada pequena e média blocos angulares; duro, friável, plástico e pegajoso; transição plana e clara.

Btf – 0,20 - 0,54 m, bruno-forte (7,5YR 4/6); francossiltosa; moderada grande blocos angulares; duro, firme, ligeiramente plástico e ligeiramente pegajoso; transição plana e gradual.

Bf 1– 0,54 - 1,08 m, bruno-amarelado (10YR 5/6); francossiltosa; fraca a moderada média blocos angulares; ligeiramente duro, friável, ligeiramente plástico e ligeiramente pegajoso; transição plana e gradual.

Bf2 – 1,08 - 1,65 m, bruno-amarelado-claro (10YR 6/4); mosqueado vermelho (2,5YR 4/8); moderada pequena e média blocos angulares; ligeiramente duro; transição plana e clara.

Bc – 1,65 - 1,75 m +

Raízes – Poucas no horizonte Ap; Raras nos horizontes Btf, Bf1, Bf2 e Bc

Observações – Ausência de plintita no horizonte Ap; Presença de plintita ocupando cerca de 15% do horizonte B; Presença de plintita de cerca de 1 cm ocupando aproximadamente 30% do horizonte Bf e mais de 50% do horizonte Bf2; O horizonte Bc não foi amostrado.

Siani – Perfil 01

Número de campo – Perfil 01 - Data 17/07/19.

Classificação – Plintossolo Argilúvico Eutrófico petroplúntico, textura média

Coordenadas 11°40'51.83"N e 5°45'51.16"O

Localização – Siani, região de Sikasso (Mali).

Situação – Topo plano de colina baixa.

Altitude – 360m.

Formação Geológica – Cobertura sedimentar (Precambriano? Paleozóico)

Material Originário – Arenitos com possível contribuição de material cristalino meso a melanocrático.

Pedregosidade – Ligeiramente pedregosa.

Rochosidade – Não rochosa.

Relevo Local – Plano.

Relevo Regional – Plano.

Erosão – Laminar ligeira.

Drenagem – Bem drenado.

Vegetação Primária – Savana arbórea.

Uso Atual – Lavoura de milho.

Clima – Aw, segundo a classificação de Köppen.

Descrito e Coletado por: F.H. Gomes, J.J.S.M. Marques e J.C. Avanzi.

Descrição Morfológica

Ap – 0 - 0,10 m, bruno (7,5YR 5/4); francoarenosa; fraca pequena blocos angulares; muito friável, não plástico e não pegajoso; transição plana e gradual.

BA – 0,10 - 0,25 m, vermelho-amarelado (5YR 4/6); franca; moderada média blocos angulares; duro, friável, ligeiramente plástico e ligeiramente pegajoso; transição plana e gradual.

Btc – 0,25 - 0,65 m, vermelho (2,5YR 5/6); argila; moderada grande blocos angulares; muito duro, firme, ligeiramente plástico e ligeiramente pegajoso; transição plana e gradual.

Cf – 0,65 - 1,50 m +, vermelho-escuro (2,5YR 3/6); argila; maciça; muito duro, muito firme, ligeiramente plástico e ligeiramente pegajoso; transição plana e gradual.

Raízes – Raras em todos os horizontes.

Observações – Presença de plintita e mosqueados em cerca de 30% do horizonte BAf; Horizontes Btc e Cf possuem cor variegada bruno-acinzentado-escuro (2,5Y 4/2) na proporção de quase 50%, se estendendo em profundidade.

Siani – Perfil 02

Número de campo – Perfil 02 - Data 18/07/19.

Classificação – Plintossolo Pétrico Litoplântico êndico, textura média, êutrico, argissólico

Coordenadas – 11°40'20.21"N e 5°44'25.52"O

Localização – Siani, região de Sikasso (Mali).

Situação – Área central de amplo vale.

Altitude – 344m.

Formação Geológica – Cobertura sedimentar (Precambriano? Paleozóico)

Material Originário – Arenitos com possível contribuição de material cristalino meso a melanocrático.

Pedregosidade – Moderadamente pedregosa.

Rochosidade – Não rochosa.

Relevo Local – Plano.

Relevo Regional – Plano.

Erosão – Laminar ligeira.

Drenagem – Bem drenado.

Vegetação Primária – Savana arbórea.

Uso Atual – Lavoura de algodão.

Clima – Aw, segundo a classificação de Köppen.

Descrito e Coletado por: F.H. Gomes, J.J.S.M. Marques, J.C. Avanzi e Y. Kane.

Descrição Morfológica

Ap_c – 0 - 0,23 m, bruno (10YR 4/3); franca; moderada pequena blocos angulares; muito friável, ligeiramente plástico e ligeiramente pegajoso; transição plana e clara.

Bt_{cf} – 0,23 - 0,60 m, bruno-escuro (10YR 3/3); mosqueado vermelho (2,5YR 5/8); argila; fraca pequena granular; solta, plástico e pegajoso; transição plana e gradual.

C_c – 0,60 - 0,85 m, cinzento-escuro (10YR 4/1); fraca pequena granular; solta, plástico e pegajoso; transição ondulada e gradual.

F – 0,85 - 1,55 m +.

Raízes – Comuns no horizonte Ap; Poucas nos horizontes B_{cf}, C_c e F.

Observações – Presença de petroplintita ocupando menos de 10% do horizonte Ap; O horizonte B_{tcf} possui nódulos efervescentes de Mn que se estendem em profundidade e plintita ocupando cerca de 80% do horizonte; Presença de pontuações vermelhas e pretas no horizonte C_c; O horizonte F apresenta aparente degradação devido a formação de solo sobre ele, a umidade acumulada reduz ou quebra a plintita; O horizonte C_{c2} não foi amostrado.

Siani – Perfil 03

Número de campo – Perfil 03 - Data 18/07/19.

Classificação – Argissolo Vermelho-Amarelo Distrófico petroplíntico, textura média/argilosa, endosaprolítico (cambissólico?)

Coordenadas – 11°39'15.39"N e 5°46'6.38"O

Localização – Siani, região de Sikasso (Mali).

Situação – Terço superior de suave encosta.

Altitude – 377m

Formação Geológica – Cobertura sedimentar (Precambriano? Paleozóico)

Material Originário – Arenitos com possível contribuição de material cristalino meso a melanocrático.

Pedregosidade – Ligeiramente pedregosa.

Rochosidade – Ligeiramente rochosa.

Relevo Local – Suave ondulado.

Relevo Regional – Plano.

Erosão – Laminar moderada.

Drenagem – Bem drenado.

Vegetação Primária – Savana arbórea.

Uso Atual – Lavoura de milho.

Clima – Aw, segundo a classificação de Köppen.

Descrito e Coletado por: F.H. Gomes, J.J.S.M. Marques, J.C. Avanzi e Y. Kane.

Descrição Morfológica

Apc – 0 - 0,20 m, bruno-avermelhado-escuro (5YR 3/2); francoarenosa; moderada pequena granular; muito friável, ligeiramente plástico e ligeiramente pegajoso; transição plana e clara.

Bt – 0,20 - 0,35 m, vermelho-amarelado (5YR 4/6); francoargilosa; moderada média blocos angulares; muito friável, ligeiramente plástico e ligeiramente pegajoso; transição plana e clara.

Cr – 0,35 - 0,45 m, vermelho-amarelado (5YR 5/6); franca; fraca média blocos subangulares; muito friável, ligeiramente plástico e ligeiramente pegajoso; transição clara.

Raízes – Poucas nos horizontes Ap e Bi; Raras no horizonte CR.

Observações – Material de origem bastante intemperizado, porém ainda consolidado. O material de origem é arenoso, ao contrário do solo que possui um certo nível de argila, possível descontinuidade litológica; Presença de petroplintita ocupando cerca de 15% do horizonte Ap.

Siani – Perfil 04

Número de campo – Perfil 04 - Data 18/07/19.

Classificação – Cambissolo Háplico Ta Eutrófico argissólico, textura média/ argilosa

Coordenadas – 11°38'4.82"N e 5°45'10.31"O

Localização – Siani, região de Sikasso (Mali).

Situação – Fundo de vale estreito.

Altitude – 385m.

Formação Geológica – Cobertura sedimentar (Precambriano? Paleozóico)

Material Originário – Material coluvionar e arenitos com possível contribuição de material cristalino meso a melanocrático.

Pedregosidade – Não pedregosa.

Rochosidade – Não rochosa.

Relevo Local – Plano.

Relevo Regional – Plano.

Erosão – Laminar moderada.

Drenagem – Imperfeitamente drenado.

Vegetação Primária – Savana arbórea.

Uso Atual – Lavoura de algodão.

Clima – Aw, segundo a classificação de Köppen.

Descrito e Coletado por: F.H. Gomes, J.J.S.M. Marques, J.C. Avanzi e Y. Kane.

Descrição Morfológica

Ap – 0 - 0,17 m, bruno-escuro (7,5YR 3/3); francoarenosa; fraca pequena blocos angulares; muito friável, não plástico e não pegajoso; transição plana e gradual.

AB – 0,17 - 0,36 m, bruno (7,5YR 4/3); franca; moderada pequena blocos angulares; muito friável, ligeiramente plástico e ligeiramente pegajoso; transição plana e gradual.

Bif – 0,36 - 0,58 m, bruno-amarelado (10YR 5/4); mosqueados 5YR 4/3 ; francoargilosa; moderada média blocos angulares; muito friável, ligeiramente plástico e ligeiramente pegajoso; transição plana e clara.

BCf – 0,58 - 1,06 m, cinzento (10YR 5/1); argila; fraca pequena blocos angulares; muito friável, plástico e pegajoso; transição plana.

Cfg – 1,06 - 1,40 m +, cinzento (10YR 6/1); argila; fraca média blocos angulares; plástico e pegajoso; transição plana.

Raízes – Poucas no horizonte Ap; Raras nos horizontes AB, Bit e Bcf.

Observações – Presença de mosqueado 5YR ocupando cerca de 10% do horizonte Bif, porém com muito pouca plintita; o horizonte BCf possui cor variegada e presença de plintita ocupando cerca de 5% do horizonte, sendo esta semelhante a “chumbinho de caça”; Presença de plintita e concreções de Mn que ocupam cerca de 5% do horizonte Cfg.