

Compêndio de Solos do Brasil - Volume 2

Editores

Ademir Fontana

Arcângelo Loss

Fabrício de Araújo Pedron

1ª edição

Sociedade Brasileira de Ciência do Solo - Núcleo Regional Sul
Santa Maria - Rio Grande do Sul
2025



Plintossolos Pétricos do Tocantins

Daniela Schievano de Campos¹; Raphael Rodrigues Brizzi¹; Rodrigo Estevam Munhoz de Almeida²; Pablo Vidal-Torrado¹.

¹*Universidade de São Paulo/Esalq*

²*Embrapa Pesca e Aquicultura*

1 Introdução

O estado do Tocantins possui um vasto território dominado pela ordem dos Plintossolos, segundo a classificação do Sistema Brasileiro de Classificação de Solos – SiBCS (Santos et al., 2018). Os Plintossolos correspondem a 35% do total de solos do estado, sendo que 25% desses são Plintossolos Pétricos (Figura 1a) (IBGE, 2021). Tal ocorrência é a maior no Brasil e uma das maiores do mundo em áreas contínuas desses solos. Os Plintossolos são classificados como Pétricos quando apresentam caráter litoplíntico ou concrecionário, sendo que o primeiro caracteriza-se por petroplintita (endurecimento irreversível da plintita) contínua e consolidada, e o segundo por petroplintita na forma de nódulos e concreções (Santos et al., 2018). Os Plintossolos Pétricos predominam ao longo das bacias dos rios Tocantins e Araguaia, desde a Depressão do Baixo-Médio Vale do rio Araguaia (sudoeste do estado) até a Depressão do Médio-Alto Vale do rio Tocantins (centro-sul do estado) e Planaltos Dissecados do Tocantins (centro-leste do estado) (Figura 1b), e destacam-se por sustentar os principais platôs e serras remanescentes ao longo dessa faixa (Dantas et al., 2019).

Os Plintossolos Pétricos (sigla - FF) do Tocantins associam-se a diferentes tipos litológicos pertencentes às províncias geológicas do Tocantins e do Parnaíba. Na Depressão do Baixo-Médio Araguaia ocorrem rochas metassedimentares de baixo a alto grau metamórfico, tais como xistos, quartzitos e filitos, pertencentes ao Cinturão Araguaia, de idade neoproterozoica, e inseridas na Província Tocantins (Abreu, 1978; Hasui et al., 1977). Na Depressão do Médio-Alto Tocantins e Planalto Dissecado do Tocantins predominam rochas sedimentares (siltitos, argilitos e arenitos), do Siluriano ao Devoniano, pertencentes às Formações Jaicós, Itaim e Pimenteiras da Bacia do Parnaíba (Frasca e Araújo, 2001; Milani et al., 2003).

Embora considerados solos com baixa aptidão agrícola por serem pedregosos, as extensas áreas cobertas no Tocantins vêm sendo amplamente utilizadas na agricultura intensiva, agregando valor e interesse por esses solos e pelas terras onde ocorrem. Assim, este capítulo tem como objetivo apresentar os principais atributos dos Plintossolos Pétricos do estado de Tocantins ao longo de diferentes compartimentos geomorfológicos e mostrar como essas feições afetam no uso e manejo desses solos.

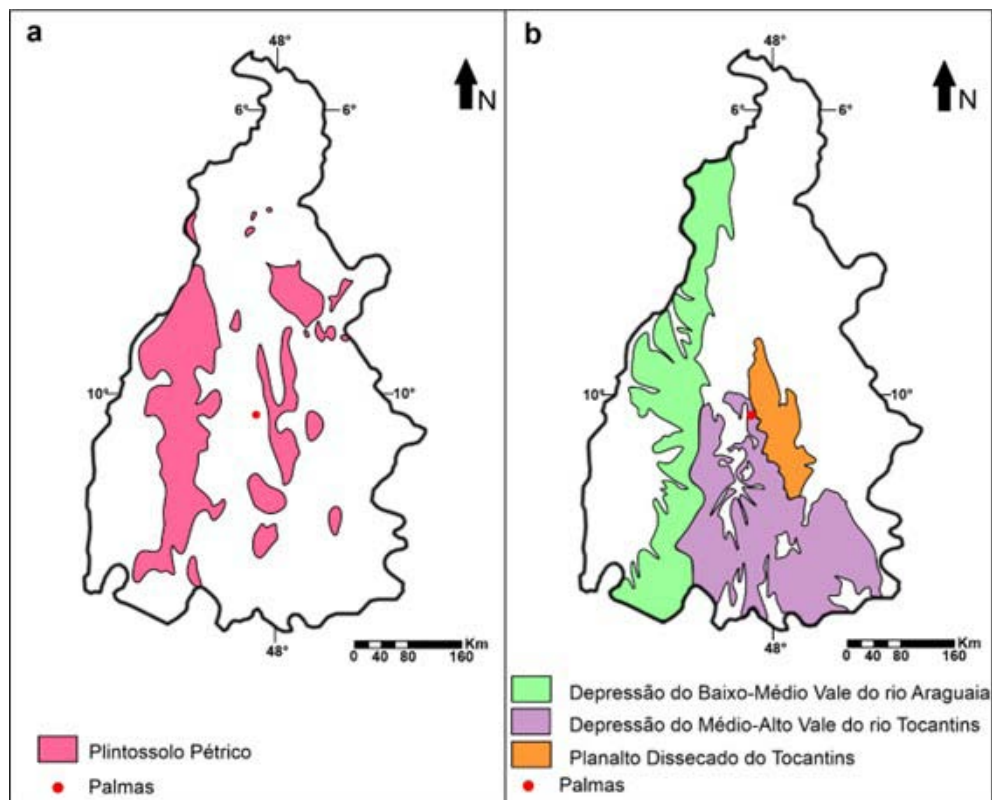


Figura 1. Principais áreas de ocorrência de Plintossolos Pétricos litoplínticos ou concrecionários do estado do Tocantins (a) e principais domínios geomorfológicos associados às áreas de Plintossolos Pétricos no estado do Tocantins (b). Fonte: Adaptado de IBGE (2021) (a) e de Dantas et al. (2019) (b).

2 Caracterização ambiental

O estado de Tocantins, em sua totalidade, apresenta clima do tipo Aw, ou seja, tropical com uma estação seca bem definida, segundo a classificação de Köppen, porém com variação gradativa lateral nos níveis de precipitação, variando de 1.900 mm, na borda oeste do estado, até 1.300 mm em seu extremo leste (Alvares et al., 2013).

Todavia, dois domínios morfoclimáticos se destacam ao longo do estado: o Domínio das Terras Baixas com Florestas Equatoriais da Amazônia ao norte; e o Domínio dos Chapadões Semiúmidos Tropicais do Cerrado nas porções centro e sul (Ab'Saber, 2003). Assim, nas áreas dominadas pelos Plintossolos Pétricos, a vegetação predominante é o Cerrado, sendo que, sobre os Plintossolos Pétricos

Concrecionários (FFc), o bioma Cerrado é típico, ao passo que áreas com Plintossolos Pétricos Litoplínticos (FFlf) podem se formar verdadeiras clareiras na vegetação, em que horizontes litoplínticos contínuos afloram na superfície (Figura 2a). Nessas clareiras formam-se ecossistemas únicos durante os períodos chuvosos (novembro a abril), quando lâminas de água ficam empoçadas sobre os horizontes litoplínticos, facilitando o crescimento de pequenas plantas aquáticas, anfíbios e insetos (Figura 2b-f), o que caracteriza o Campo Rupestre/Campo Limpo (Ribeiro e Walter, 1998).

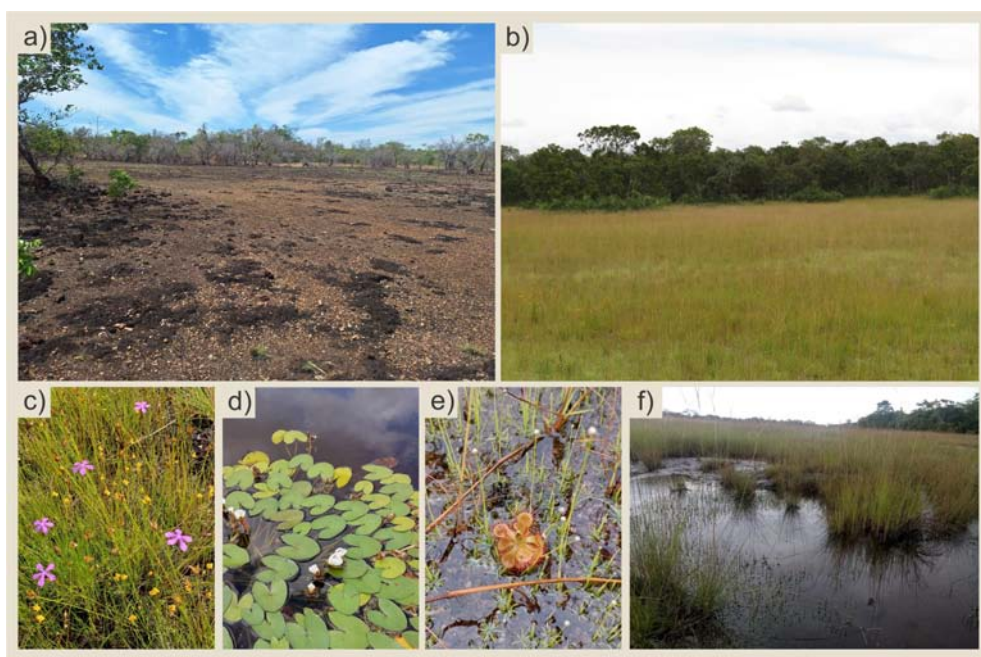


Figura 2. Plintossolo Pétrico Litoplíntico com horizonte litoplíntico aflorando na superfície, formando vegetação do tipo Campo Rupestre/Campo Limpo na região da bacia do Araguaia: a) durante período seco, a vegetação desaparece, expondo as petroplintitas; b) durante período chuvoso, a vegetação fica exuberante; c-f) detalhes da vegetação. Fonte: Dos autores.

Com relação ao relevo, a Depressão do Baixo-Médio Araguaia caracteriza-se por colinas amplas e suaves, inselbergs e outros relevos residuais (Dantas et al., 2019). As altitudes nessa área variam de ~ 250 m a 380 m. Na Depressão do Alto-Médio Tocantins, as elevações variam de ~ 200 m a 700 m, sendo compostas por superfícies aplainadas conservadas, planaltos, chapadas e platôs, além de relevos fortemente dissecados (Dantas et al., 2019).

3 Relação solo-paisagem

Associações de Plintossolos Pétricos (FF) Concrecionários e Litoplínticos têm instigado pesquisas sobre a evolução da paisagem e podem dar respostas importantes a todos que fazem uso dos solos tanto para cultivo agrícola quanto para o entendimento da dinâmica natural dos ecossistemas locais e regionais, uma vez que há grande variabilidade morfológica e genética entre esses solos.

Nesse sentido, entender se o relevo contribui para a formação dos Plintossolos Pétricos ou se a formação dos solos é que determina certa variabilidade das geoformas, ou se ambos funcionam mutuamente para configurar a paisagem atual, são os desafios que envolvem os estudos da relação solo-paisagem no Tocantins. A distribuição desses solos desde a bacia do rio Tocantins até a Planície do rio Araguaia ocorre em diferentes compartimentos de relevo e pode indicar diferentes histórias de evolução, o que impacta diretamente a maneira pela qual a agricultura se estabeleceu sobre esses solos na região.

Assim, na gênese dos Plintossolos Pétricos sobre rochas sedimentares e metamórficas com diferentes morfologias, a oscilação do lençol freático teve papel preponderante, concentrando ferro por capilaridade (Millot, 1972; Aleva, 1983; Tardy, 1993). Além disso, com a evolução da paisagem por erosão e entalhamento dos vales, ocorreu o abaixamento dos níveis de base regionais, o que ocasionou, em algumas partes da paisagem, uma intensa ferruginização do saprolito. Esses processos podem ajudar a explicar a influência de petroplintitas na compartimentação do relevo, revelando como a pedogênese afeta na evolução da paisagem e vice-versa. Na Figura 3 é apresentado um perfil topográfico W-E, que abrange as bacias dos rios Araguaia e Tocantins, mostrando as principais compartimentações geomorfológicas da área.

É comum a presença de Plintossolos Pétricos Litoplínticos sobre a Serra do Lajeado (Figura 3c, d), localizada em planalto residual, onde os horizontes litoplínticos sugerem um modelo de evolução pedogenética por oscilação do lençol freático, conforme apontado por Tardy (1993). Isso ajuda a sustentar uma superfície de cimeira acima dos 700 m de altitude, com forte tendência ao recuo paralelo das vertentes e formação de pedimentos, conforme modelo de evolução geomorfológica preconizado por King (1956).

Na Depressão Tocantinense (Figura 3d), os Plintossolos Pétricos são majoritariamente concrecionários, com resquícios importantes de horizontes litoplínticos que foram degradados e se encontram em diferentes níveis dentro dos perfis. Isso explica a variabilidade dos Plintossolos Pétricos, bem como o porquê de alguns agricultores obterem maior produtividade do que outros com esses solos. Nesse sentido, em termos geomorfológicos acredita-se que esses solos podem estar associados ao desenvolvimento de superfícies aplainadas devido à pedogênese

e alterações geoquímicas sob clima tropical semiúmido e estabilidade tectônica, como proposto pelo modelo de Büdel (1992).

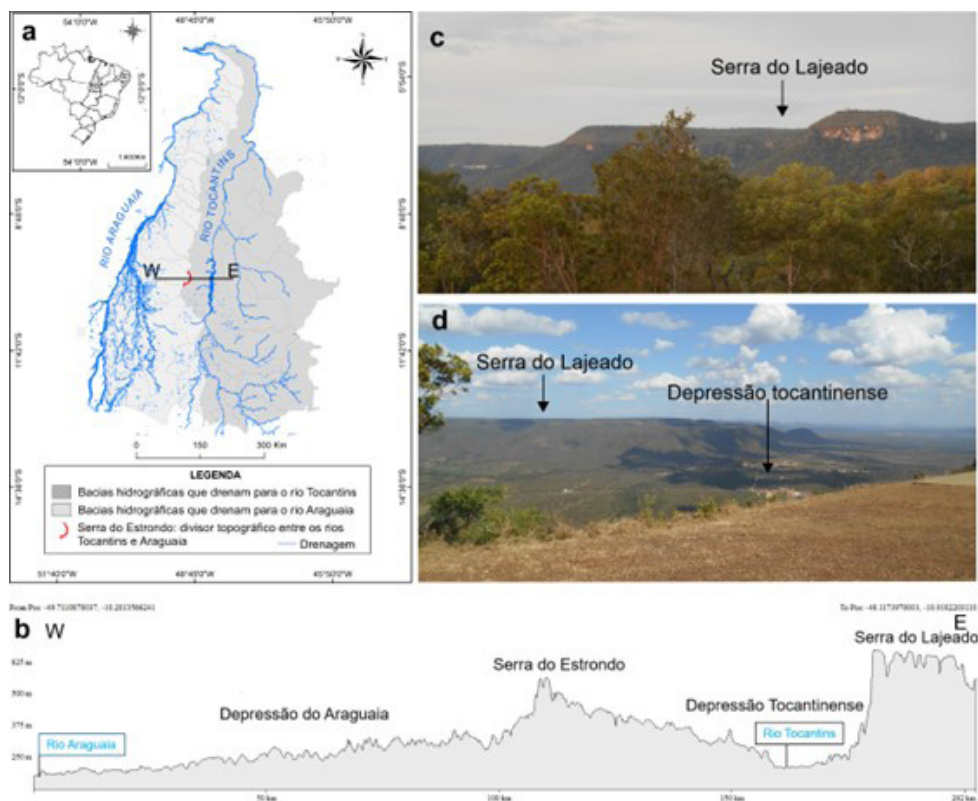


Figura 3. Disposição das bacias hidrográficas do Tocantins e do Araguaia, bem como localização do perfil topográfico E-W (a); perfil topográfico E-W apresentando os principais compartimentos geomorfológicos da área (b) – em todos eles ocorrem FFC e FFLF; fotos da Serra do Lajeado em contato com a Depressão Tocantinense (c e d). Fonte: Raphael Brizzi.

Também são encontrados Plintossolos Pétricos Concrecionários sobre sedimentos cenozoicos na Depressão, às margens do rio Tocantins. Esses solos apresentam provável gênese alóctone, uma vez que são encontrados “bolsões” de duricrusts ferruginosos no tamanho de matacão com fácies morfológicas similares às encontradas nos Plintossolos Pétricos Litoplínticos da Serra do Lajeado.

Plintossolos Pétricos Litoplínticos também são comumente encontrados em morros testemunhos na Depressão Tocantinense, com horizonte litoplíntico fragmentado. A morfologia colunar dessas petroplintitas sugere uma degradação geoquímica, marcada por vários fluxos ferruginosos cimentantes secundários. A

partir de fissuras e poros verticalizados de origem geoquímica, dá-se o crescimento de raízes e a adição de matéria orgânica, o que favorece os processos biogeoquímicos de degradação e evolução para horizontes concrecionários no perfil.

Na Serra do Estrondo, os Plintossolos Pétricos Concrecionários apresentam perfis de intemperismo completos (zona pálida, zona mosqueada, plintita, petroplintita maciça e solta) (Tardy, 1993) e não completos, o que indica pedogênese variada em relação à Serra do Lajeado e Depressão Tocantinense. A exumação do embasamento metamórfico pré-Cambriano, no contato com rochas sedimentares devonianas da Formação Pimenteiras, evidencia o trabalho erosivo e pedogenético a que essa superfície foi submetida ao longo do Cenozoico quando comparada com o planalto residual da Serra do Lajeado, o que motiva a utilização de métodos de datação radiométrica das petroplintitas nos estudos de evolução da paisagem.

Na Depressão do Rio Araguaia, os Plintossolos Pétricos Litoplínticos apresentam espessura maior do horizonte litoplíntico, com frequência superior a 200 cm na forma de verdadeiras “lajes”. Isso se dá em cotas altimétricas consideravelmente mais baixas em relação aos compartimentos da bacia do rio Tocantins. Estes se encontram, portanto, em níveis mais próximos do nível de base regional, escalonados em patamares sucessivamente mais baixos entre si, sendo, em sua origem, mais suscetíveis às oscilações do lençol freático. Entre 200 m e 380 m de altitude, predominam superfícies com topos ora aplainados, ora arredondados, com alguns morros residuais na paisagem, algumas vezes associados a Plintossolos Pétricos Litoplínticos. Abaixo dos 200 m de altitude, ocorrem planícies flúviolacustres e terraços fluviais de idade quaternária, com patamares isolados em relação à área circundante (Dantas et al., 2019).

Em geral, a morfologia variada dos Plintossolos Pétricos – ora notavelmente Litoplínticos, a exemplo da Bacia do Araguaia, ora Concrecionários, como em ambas as bacias – sugere que os diferentes fatores de formação, em especial o material de origem e o revelo, configuram dois cenários distintos de evolução regional para ambas as bacias hidrográficas. A diversidade morfológica desses solos se dá, em particular, pela natureza da fração cascalho, que pode ser mais ou menos cimentada, mais ou menos alterada e, finalmente, pode ter origem diferente: ou por processos pedogenéticos de evolução laterítica, ou por ferruginização do saprolito, que, ao final, também é um processo pedogenético. Além disso, a natureza do material de origem pode produzir mais ou menos argila, sendo consideráveis os conteúdos de argila tanto nos Plintossolos da bacia do Tocantins (rochas pelíticas predominantemente) quanto nos da bacia do Araguaia (rochas metapelíticas de diferentes graus de metamorfismo).

4 Dados pedológicos

4.1 Plintossolos Pétricos Concrecionários (argissólicos e latossólicos)

Dois perfis de Plintossolo Pétrico Concrecionário (Figura 4) bastante representativos são aqui descritos e analisados. Os respectivos dados químicos de cada perfil são apresentados nos Quadros 1 e 2.

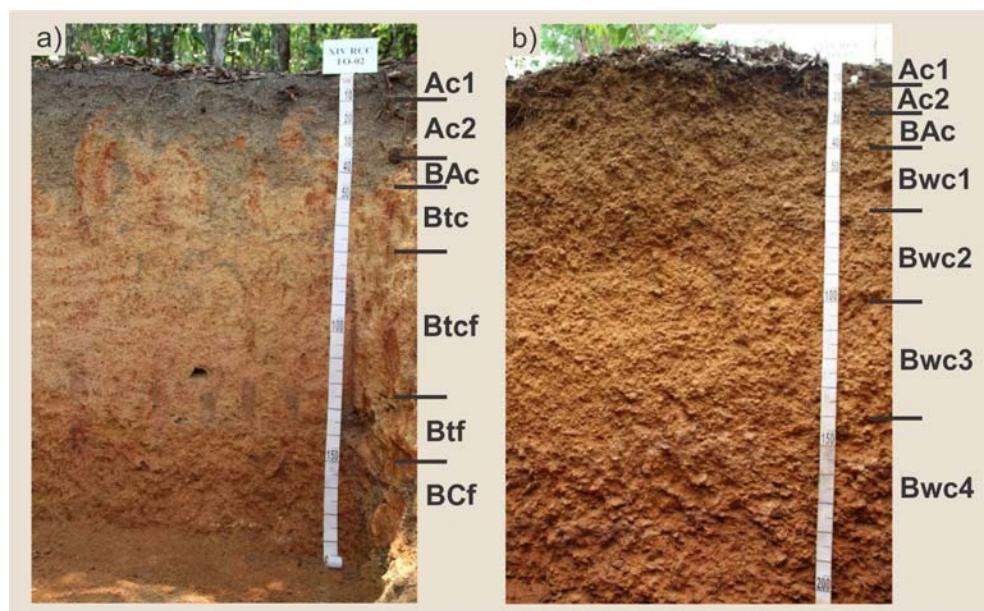


Figura 4. Plintossolo Pétrico Concrecionário argissólico derivado de rochas metamórficas da Formação Couto Magalhães (filitos), município de Lagoa da Confusão – TO (a), e Plintossolo Pétrico Concrecionário latossólico derivado de rochas da Formação Pimenteiras (siltitos), município de Palmas – TO (b). Fonte: Dos autores.

Os perfis têm em comum a ocorrência dos horizontes concrecionários descritos de acordo com as normas do SiBCS (2018) e sem ocorrência de horizonte litoplântico dentro da seção de controle (200 cm). Diferem por o primeiro ter incremento de argila diagnóstico para horizonte B textural (B_t) ou caráter argissólico dentro dos 150 cm iniciais e o segundo não ter esse incremento, mas coincidem por terem horizonte B latossólico (B_w) com o concrecionário dentro dos 150 cm a partir da superfície.

Quadro 1. Dados físicos e químicos do Plintossolo Pétrico Concrecionário argissólico (Figura 4a). Dados extraídos de Oliveira et al. (2023).

Horizontes	Profundidade (cm)	Fração da amostra total (g kg ⁻¹)					Relação Silte - Argila
		Cascalho	Areia grossa	Areia fina	Silte	Argila	
Ac1	0-14	651	586	99	149	166	0,90
Ac2	14-33	608	521	131	144	204	0,71
BAC	33-45	646	283	119	208	390	0,53
Btc	45-70	603	138	66	220	576	0,38
Btcf	70-122	535	80	33	211	676	0,31
Btf	122-151	423	78	33	211	678	0,31
BCf	151-180+	133	84	35	265	616	0,43

Horizontes	pH H ₂ O	Complexo sortivo – cmol _c kg ⁻¹						
		Ca ²⁺	Mg ²⁺	K ⁺	Na ⁺	H ⁺	Al ³⁺	CTC _{pH7}
Ac1	5,0	2,4	2,0	0,26	11,9	0,4	17,0	9,9
Ac2	5,3	0,6	0,6	0,18	4,7	0,4	5,9	6,5
BAC	5,3	0,5	0,5	0,22	4,7	0,4	5,8	3,8
Btc	5,8	0,2	0,2	0,12	2,9	0	3,2	6,8
Btcf	6,2	0,1	0,1	0,04	1,3	0	1,5	12,4
Btf	6,1	0,1	0,1	0,04	1,7	0	1,8	10,7
BCf	6,1	0,1	0,1	0,03	2,1	0	2,2	11,5

Horizontes	Al	V	P	C orgânico
	%		mg kg ⁻¹	g kg ⁻¹
Ac1	8	28	5	30,4
Ac2	33	14	1	9,8
BAC	36	12	1	9,6
Btc	0	9	<1	6,1
Btcf	0	13	<1	2,6
Btf	0	6	<1	2,4
BCf	0	5	<1	1,6

Quadro 2. Dados físicos e químicos do Plintossolo Pétrico Concrecionário latossólico (Figura 4b). Dados extraídos de Oliveira et al. (2023).

Horizontes	Profundidade (cm)	Fração da amostra total (g kg ⁻¹)					Relação Silte - Argila
		Cascalho	Areia grossa	Areia fina	Silte	Argila	
Ac1	0-11	469	261	184	167	388	0,43
Ac2	11-26	482	184	132	168	516	0,33
BAC	26-42	449	142	78	203	577	0,35
Bwc1	42-66	507	121	74	190	615	0,31
Bwc2	66-100	383	103	55	214	628	0,34
Bwc3	100-140	511	94	63	210	633	0,38
Bwc4	140-195+	385	116	76	175	633	0,28

Horizontes	pH H ₂ O	Complexo sortivo – cmol _c kg ⁻¹						
		Ca ²⁺	Mg ²⁺	K ⁺	Na ⁺	H ⁺	Al ³⁺	CTC _{pH7}
Ac1	4,8	0,1	0,05	0,05	7,0	0,9	8,1	9,9
Ac2	4,9	0,1	0,03	0,03	5,9	0,6	6,6	6,5
BAC	5,0	0,1	0,02	0,02	4,9	0,5	5,5	3,8
Bwc1	5,0	0,1	0,02	0,02	4,4	0,3	4,8	6,8
Bwc2	5,1	0,1	0,01	0,01	3,5	0,1	3,7	12,4
Bwc3	5,4	0,1	0,01	0,01	2,1	0	2,2	10,7
Bwc4	6,0	0	0,01	0,01	1,2	0	1,4	11,5

Horizontes	Al	V	P	C orgânico
	%		mg kg ⁻¹	g kg ⁻¹
Ac1	82	2	1	17,5
Ac2	86	2	<1	14,0
BAC	83	2	<1	11,4
Bwc1	75	2	<1	9,3
Bwc2	50	3	<1	7,8
Bwc3	0	5	<1	4,3
Bwc4	0	14	<1	2,7

Ambos são solos muito intemperizados, com baixa CTC e pobres em nutrientes (Quadros 1 e 2), com necessidade evidente de correção química. Os conteúdos de carbono (C) no horizonte A desses solos são muito variáveis, sendo, nos dois exemplos aqui apresentados, considerados como teores altos (Quadro 1) a médios (Quadro 2) de C de 0-15 cm, reduzindo para 1/3 dos teores de C em profundidade, conforme evidenciado no Quadro 1.

Ao examinar resultados de análises de solos de textura cascalhenta, como os dos Quadros 1 e 2, salienta-se que tanto a granulometria quanto as análises químicas referem-se à terra peneirada no laboratório (terra fina, fração menor que 2 mm de diâmetro), excluindo o cascalho. Como a raiz da planta explora volume, o usuário de análises para fins de fertilidade deve levar em consideração esse detalhe. Esse problema será tratado na parte final deste capítulo.

Tanto os Plintossolos Pétricos Concrecionários argissólicos quanto os latossólicos são bem drenados, e a capacidade de retenção de água é similar em ambos, com valores de Água Disponível (AD) ponderados, até 50 cm, de 1,05 a 0,96 mm cm⁻¹ (Neves et al. 2023), respectivamente. A textura de ambos foi descrita como: textura argilosa cascalhenta/muito argilosa muito cascalhenta nos Plintossolos Pétricos Concrecionários argissólicos; e textura média muito cascalhenta/argilosa muito cascalhenta/muito argilosa muito cascalhenta nos Plintossolos Pétricos Concrecionários latossólicos.

4.2. Plintossolos Pétricos Concrecionários típicos

Descrições micromorfológicas em outros perfis de Plintossolos Pétricos Concrecionários do Tocantins (Figura 5) mostram a relação entre cascalhos (nódulos) e terra fina, bem como a natureza desses nódulos. A Figura 6 mostra fotomicrografias de nódulos soltos em matriz composta por microagregados de argila e excrementos, revelando boa porosidade nesses solos. Parte desses nódulos são alteromórficos (preservam características do material de origem), ao passo que outros são típicos (sem estrutura interna), granulares (com halo de depleção de ferro) e pisolíticos (com córtex de revestimento ferruginoso) (Tardy, 1993; de Campos et al., 2024).

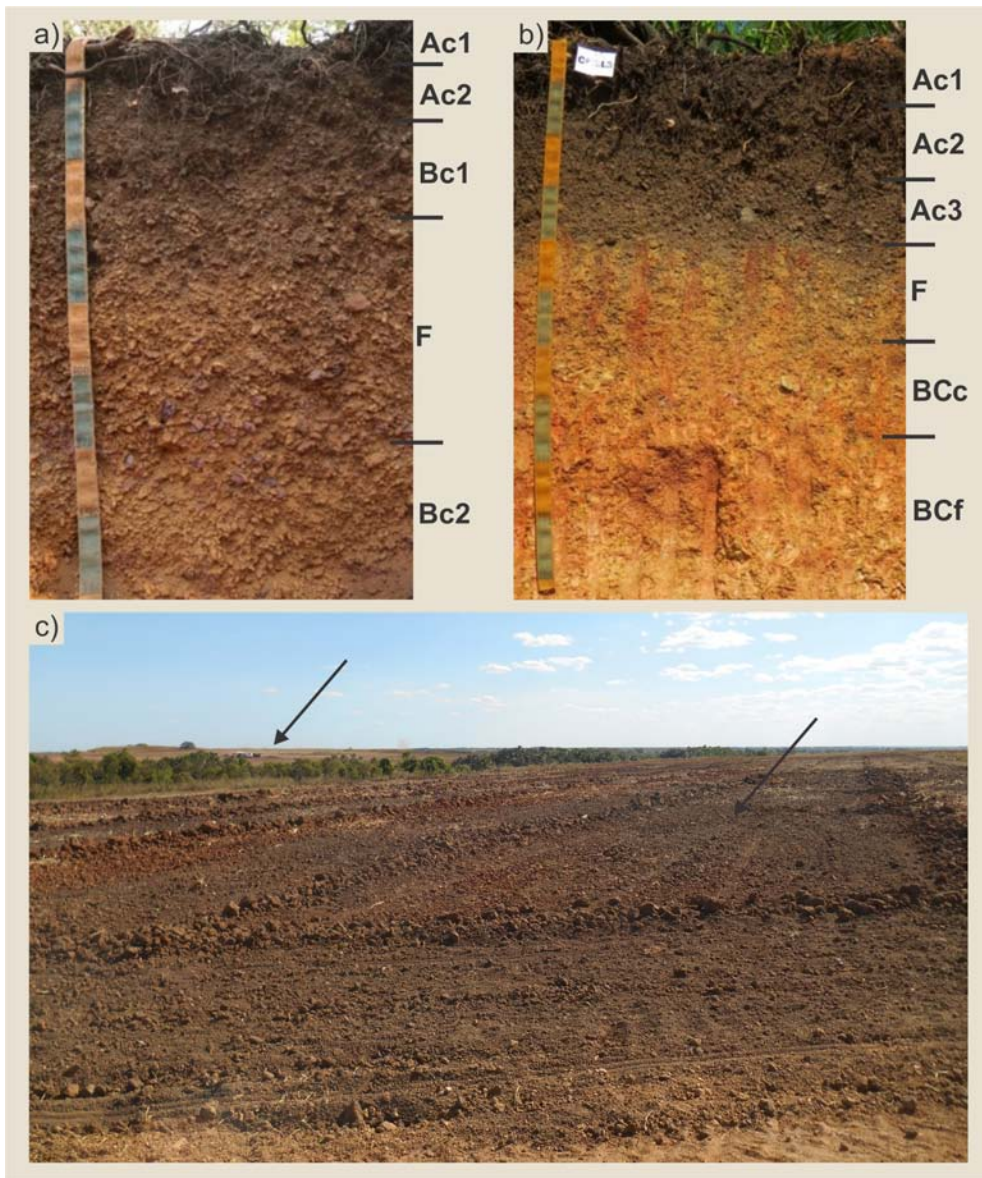


Figura 5. Plintossolo Pétrico Concrecionário típico, derivado de sedimentos da Formação Pimenteiras, município de Paraíso de Tocantins – TO (a); Plintossolo Pétrico Concrecionário típico, derivado de rochas metamórficas (xistos) da formação Couto Magalhães, município de Cristalândia – TO (b); agricultura intensiva tomando o espaço de pastagens no estado do Tocantins, como mostra a paisagem em etapa de preparação para o manejo (c). A proporção entre a quantidade de terra fina (fração menor que 2 mm) e a de cascalho é muito relevante para o sucesso do empreendimento. Fonte: Alexandre Uhlmann (a), Amanda Catarucci (b) e Daniela Schievano de Campos (c).

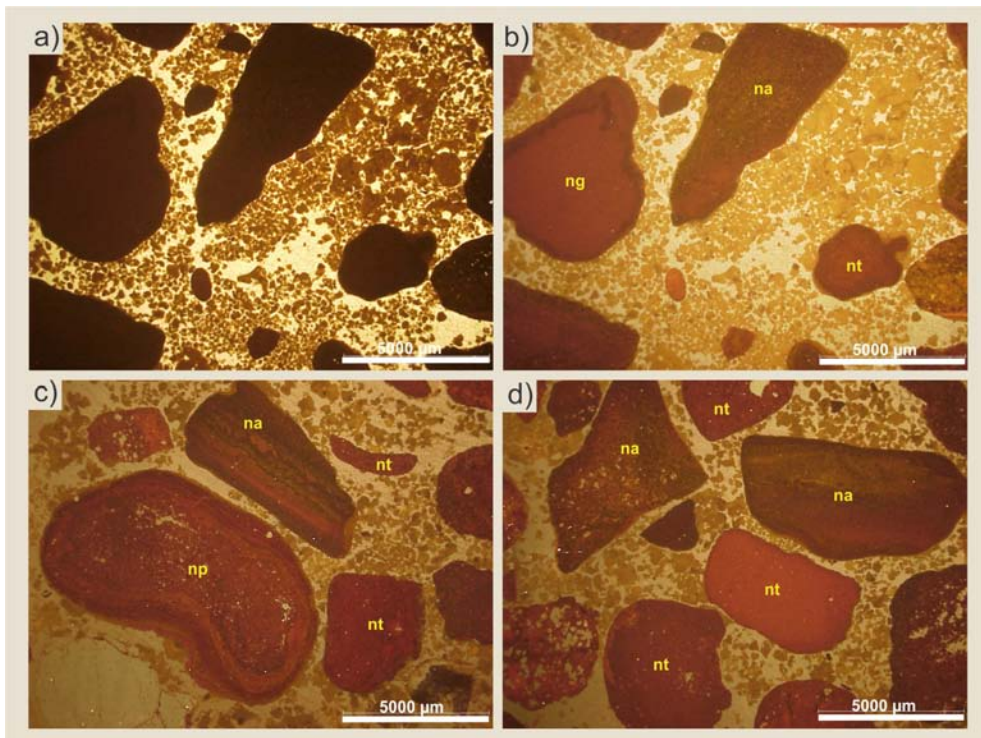


Figura 6. Fotomicrografias de FFC revelando a elevada porosidade viabilizada pelos microagregados da porção fina do solo (a, b, c e d). Os nódulos presentes apresentam morfologias e pedogênese variadas. na – nódulo alteromórfico; ng – nódulo granular; nt – nódulo típico; np – nódulo pisolítico. Fonte: Daniela Schievano de Campos e Thiago Vidoca.

4.3 *Plintossolos Pétricos Litoplínticos (típicos e êndicos)*

Em Plintossolos Pétricos Litoplínticos (Figuras 7 e 8), a micromorfologia revela baixa porosidade nos horizontes litoplínticos. Em petroplintitas maciças e em formação, a matriz apresenta-se endurecida e composta por óxidos de ferro (hematita e/ou goethita), caulinita e grãos de quartzo, e praticamente não há porosidade (Figura 9a e 9b). Nesses perfis prevalecem os processos de lateritização, caracterizados por intensa cimentação de ferro durante períodos cíclicos de secamento e umedecimento (Tardy, 1993). Quando há indício de degradação em petroplintitas maciças, com a formação de nódulos pisolíticos e/ou granulares, dissoluções químicas dão início à formação de poros e canais na matriz desses solos (Figura 9c e 9d).

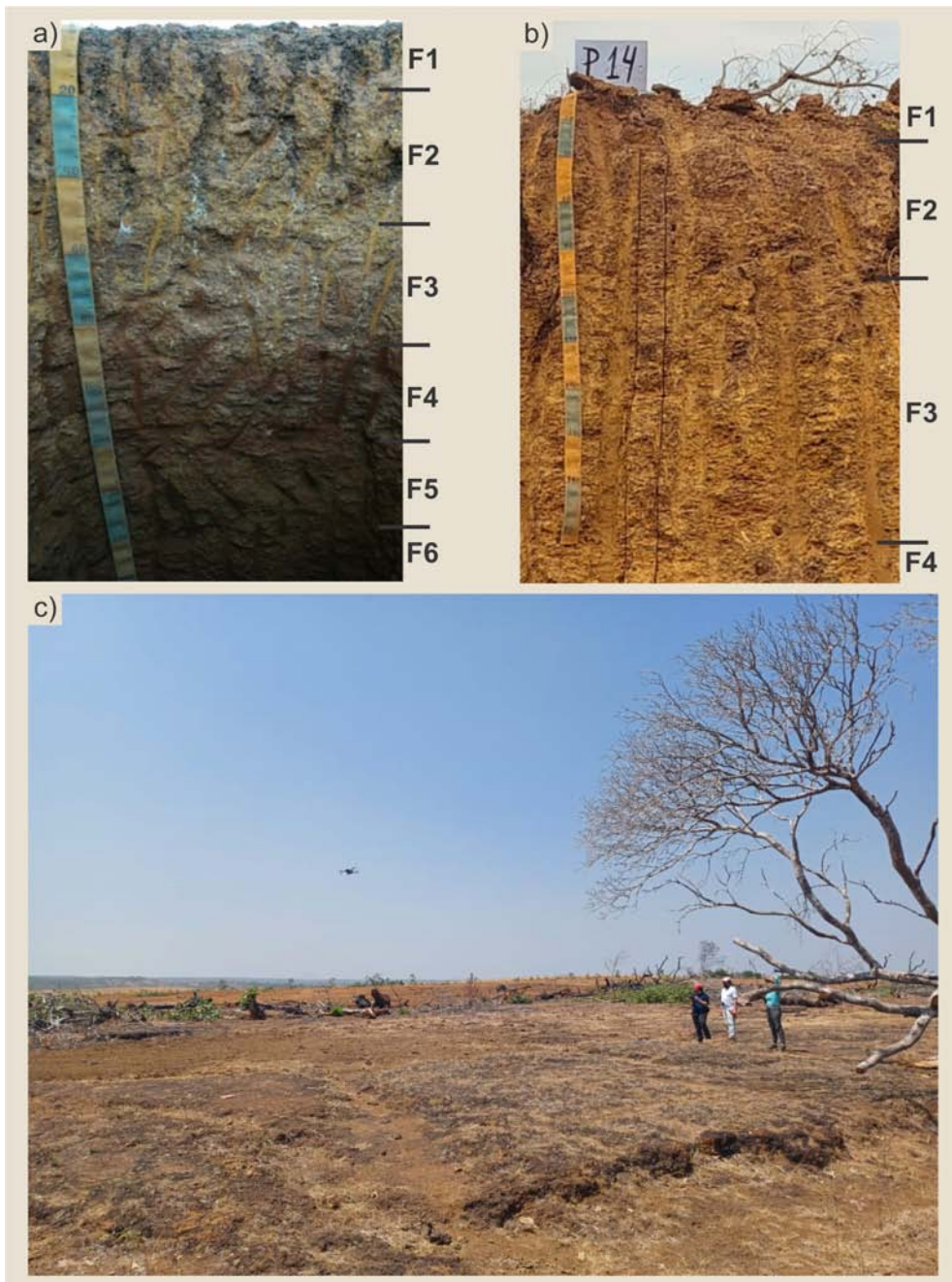


Figura 7. Plintossolos Pétricos Litoplínticos típicos derivados de rochas metamórficas da Formação Pequizeiro, município de Cristalândia – TO (a); derivado de rochas sedimentares da Formação Pimenteiras, município de Palmas – TO (b); paisagem moldada por estes solos caracteriza-se por superfície endurecida e escassez de vegetação (c). Fonte: Alexandre Uhlmann (a), Michele Ribeiro Ramos (b) e Fernando Nadal Villela (c).

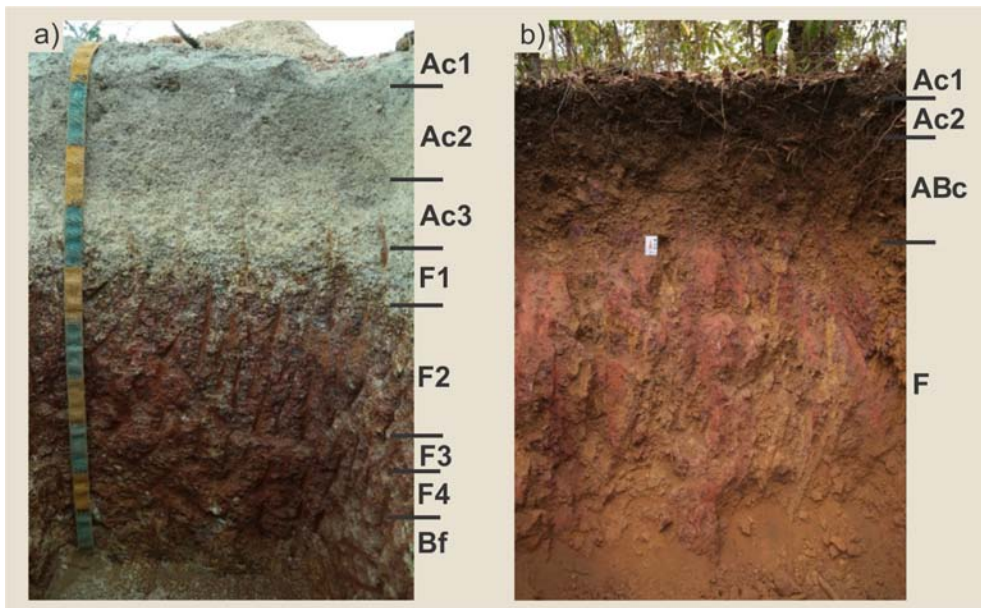


Figura 8. Plintossolos Pétricos Litoplínticos êndicos: perfil derivado de rochas metamórficas (xistos) da Formação Couto Magalhães, município de Lagoa da Confusão – TO (a); perfil derivado de rochas sedimentares (siltitos) da Formação Pimenteiras, município de Palmas – TO (b). Fonte: Alexandre Uhlmann.

5 Feições morfológicas típicas

Os Plintossolos Pétricos Concrecionários do Tocantins, independentemente de onde se localizam, em geral apresentam espesso horizonte concrecionário, com estrutura fraca a moderada, grãos simples, muito pequenos e granulares. O que chama a atenção é a grande quantidade de nódulos, pequenos a grandes, ferruginosos e com variedade morfológica (pisolíticos, típicos, alteromórficos) (Figuras 10 e 11).

Por outro lado, os Plintossolos Pétricos Litoplínticos podem apresentar horizontes litoplínticos contínuos e maciços (Figura 7a e 7b), com espessuras que podem ultrapassar os 200 cm, ou ainda podem compor horizontes irregulares e descontínuos truncados lateralmente por horizontes concrecionários. O primeiro tipo é bastante frequente na Depressão do Araguaia, e o segundo tipo pode ser encontrado em qualquer localidade.

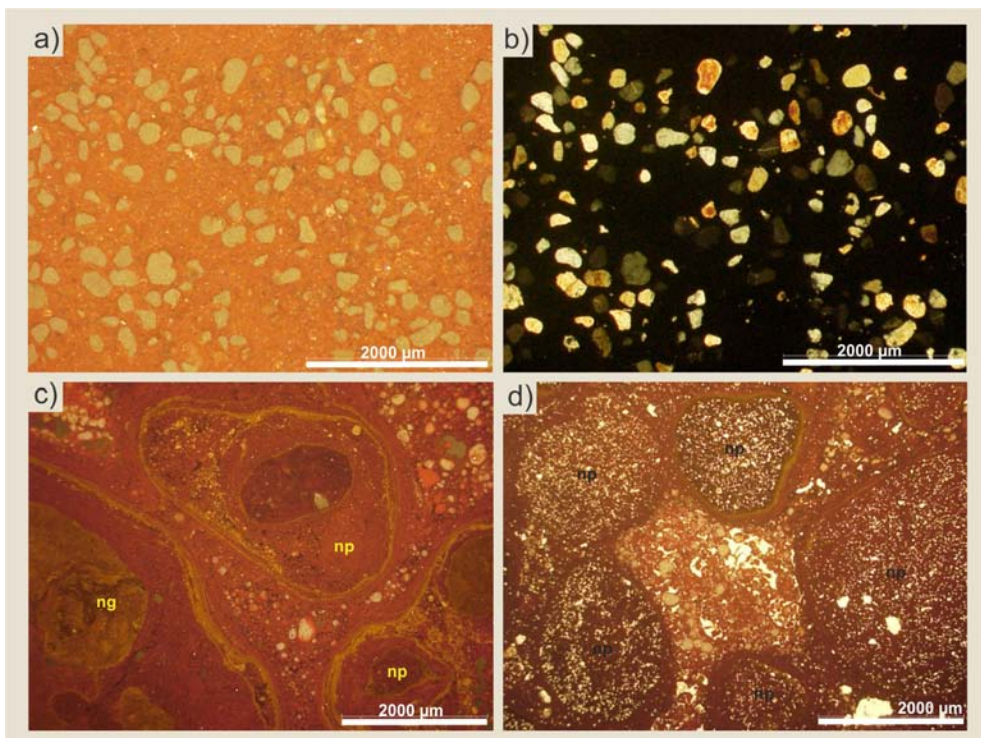


Figura 9. Fotomicrografias de petroplintitas maciças: matriz maciça e endurecida marcada por intensa cimentação de ferro e ausência de porosidade (a e b); matriz maciça, mas com início de degradação, formando nódulos e pequenas porosidades (c e d). ng – nódulo granular; np – nódulo pisolítico. Fonte: Daniela Schievano de Campos e Raphael Brizzi.

O uso de fácies morfológicas na descrição de petroplintitas ainda é pouco explorado em Plintossolos Pétricos brasileiros, porém, trata-se de uma ferramenta eficaz na interpretação de processos pedogênicos e na comparação evolutiva entre diferentes perfis de solo. Essa ferramenta permite definir a gênese das petroplintitas, se litomórficas, ou seja, se a estrutura do material de origem ainda é preservada, ou se pedomórficas, em que a pedogênese elimina as características do material de origem (de Campos et al., 2024). Os perfis deste estudo revelaram uma ampla variedade morfológica, o que sugere a atuação de diferentes processos evolutivos, além da transformação e degradação das petroplintitas.

Alguns Plintossolos Pétricos Concrecionários, a exemplo do perfil da Figura 4b, revelaram uma intensa ferruginização sobre o material de origem, caracterizando-se por fácies lamelares com maior expressividade em direção à base (Figura 10a e 10b). Nesses casos, nódulos alteromórficos são predominantes ao longo

de todo o perfil, indicando solos litomórficos. Em outros Plintossolos Pétricos Concrecionários ocorrem principalmente fácies nodular, metanodular, granular, pisolítica ou protopisolítica, características de solos predominantemente pedomórficos (Figura 10c).

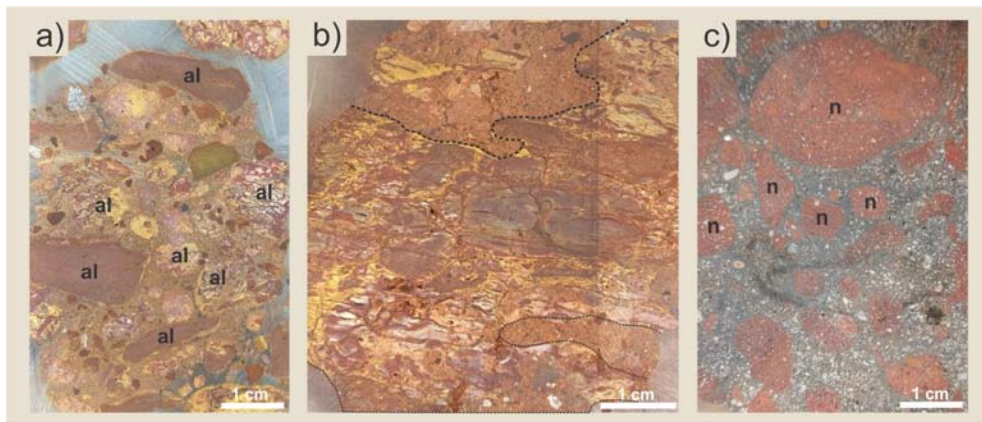


Figura 10. Fotomicrografias de um Plintossolo Pétrico Concrecionário. Predominância de nódulos alteromórficos (a) e fácies lamelares (b), definida pelo material de origem bem preservado e ferruginizado, caracterizando petroplintitas litomórficas. Fácies nodulares são típicas de petroplintitas pedomórficas (c). al –nódulos alteromórficos; n – nódulos típicos. Fonte: Daniela Schievano de Campos.

Os horizontes litoplínticos dos Plintossolos Pétricos Litoplínticos, em especial os localizados na bacia do Rio Araguaia (Figuras 7a e 8a), são caracterizados por fácies maciças e vermiformes, com coloração ora amarelada, ora avermelhada (Figura 11a e 11c). Esses perfis são pedomórficos e revelam o mais alto grau evolutivo das petroplintitas.

O perfil da Figura 8b é um exemplo de Plintossolo Pétrico Litoplíntico em que o horizonte litoplíntico aparece truncado a um horizonte concrecionário, resultando em uma notável variedade de fácies morfológicas (Figura 11d e 11f). Um núcleo mais preservado com fácies maciças, mas também vermiformes e alveolares a 110-140 cm revelam início de degradação (Figura 11e), evoluindo para fácies nodulares/granulares no topo e na base do perfil (Figura 11d e 11f), expondo início de formação no topo, bem como degradação na base e também lateralmente.

Pelas análises morfológicas das petroplintitas de vários perfis de solo do Tocantins, pode-se deduzir que os Plintossolos Pétricos Concrecionários pertencentes à bacia do rio Tocantins, principalmente aqueles localizados nas maiores elevações, apresentam maior tendência à degradação, predominando fácies nodular, granu-

lar e metagranular. Por outro lado, os Plintossolos Pétricos Litoplínticos localizados na bacia do rio Araguaia estão melhor preservados do que os da bacia do rio Tocantins, independentemente de sua posição topográfica, predominando fácies vermiforme, alveolar, protopisolítica e, algumas vezes, maciça.

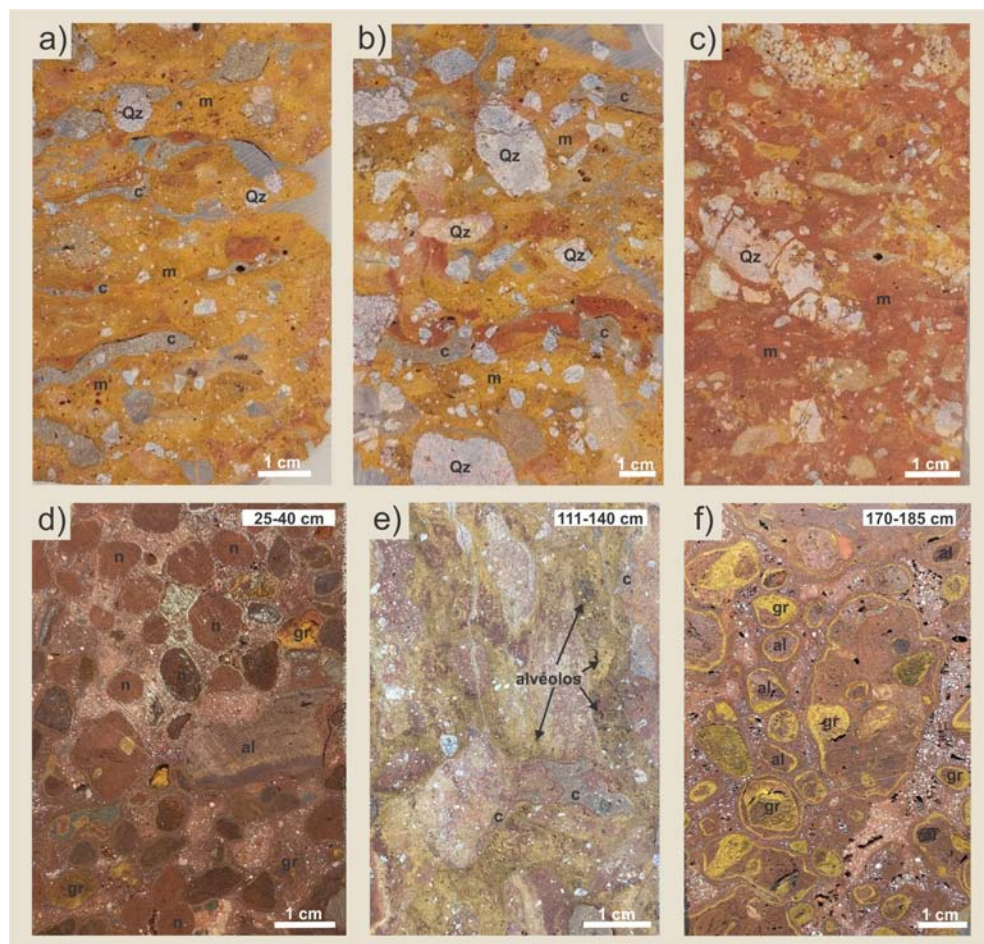


Figura 11. Principais fácies morfológicas de um Plintossolo Pétrico Litoplíntico: fácies maciças endurecidas ora amareladas, ora avermelhadas (a, b e c) e, em alguns casos, fácies vermiformes caracterizadas por canais horizontalizados (a e b). O perfil caracteriza-se por fácies nodulares no topo (d); fácies maciças, tabulares e alveolares no centro (e); e fácies granulares, com aumento de nódulos alteromórficos na base (f). al – nódulos alteromórficos; n – nódulos típicos; gr – nódulos granulares; c – canais; m – matriz maciça; Qz – quartzo. Fonte: Daniela Schievano de Campos.

6 Limitações de uso agrícola

A presença de material mais grosso (cascalho) em Plintossolos Pétricos imprime dificuldade no manejo desses solos no que diz respeito à capacidade de armazenamento de água e nutrientes, bem como ao preparo físico das áreas para uso de mecanização agrícola de semeadura e colheita.

Por isso, conhecer as características dos Plintossolos Pétricos em relação ao tamanho da fração grossa do solo (cascalhos, calhaus e matacões), à proporção de terra fina vs cascalho no volume do solo e à granulometria da terra fina é importante para determinar o maior ou menor potencial de uso agrícola da grande variabilidade (tipos) de Plintossolos Pétricos que ocorrem no estado do Tocantins.

Mas, antes de compreender os tipos de Plintossolos Pétricos com maior ou menor aptidão agrícola, é necessário compreender quais tipos não têm qualquer aptidão para cultivos intensivos. Para essa análise, a questão da profundidade efetiva do solo é fundamental, uma vez que os Plintossolos Pétricos Litoplínticos (Figura 7) ou endolitoplínticos (Figura 8) são mais suscetíveis a alagamentos nos períodos chuvosos ou a estresse hídrico no período seco, ou em veranicos, devido à limitação ao crescimento do sistema radicular em profundidade.

Essa limitação pode ocorrer por meio de uma camada de impedimento denominada horizonte litoplíntico, caracterizado por uma zona de, no mínimo, 10 cm de espessura com presença de petroplintita contínua ou praticamente contínua, ou em seção fragmentada, mas com blocos grandes de petroplintita (maior que 20 cm) (Santos et al., 2018).

Quando o horizonte litoplíntico ocorre em profundidade de até 40 cm, o solo é classificado como Plintossolo Pétrico Litoplíntico (FFIf) (Santos et al., 2018) (Figura 7). Mesmo se o horizonte litoplíntico ocorrer em espessura insuficiente, ou em posição que não permita a classificação como FFIf, para fins de manejo as limitações ao cultivo intensivo serão muito semelhantes. Nestes casos, o solo sofre encharcamento durante o período chuvoso (Figura 2f), pois a camada de impedimento limita a infiltração da água e as plantas entram em estresse hídrico severo em períodos de estiagem (Figura 2a) devido ao sistema radicular superficial limitado à profundidade da camada de impedimento e devido à pouca quantidade de terra fina (que armazena água) em relação ao cascalho na massa total do solo.

De maneira análoga, essas limitações ao cultivo agrícola também ocorrem em alguns Plintossolos Pétricos Concrecionários (FFc), que são solos com horizonte concrecionário, caracterizado por presença de petroplintita em pelo menos 50% do volume do solo, de forma fragmentada e misturada numa matriz terrosa de textura variada, em espessura mínima de 30 cm (Santos et al., 2018).

Mesmo sem a presença da camada de impedimento, os Plintossolos Pétricos Concrecionários que ocorrem em área de transição, próximos às cotas mais baixas

da paisagem, apresentam limitações de manejo muito semelhantes por também serem relativamente rasos, com restrição à drenagem. Esses solos apresentam lençol freático superficial, em que a presença de plintita e/ou cores variegadas indica ambiente redutor. Assim como os solos com camada de impedimento, devem ser destinados ao cultivo de plantas forrageiras adaptadas a condições de encharcamento ou mantidos para preservação ambiental.

7 Potencial de uso das terras

Plintossolos Pétricos Concrecionários profundos, sem restrição à drenagem ou ao crescimento do sistema radicular e que não tenham alagamentos no período de safra, apresentam potencial para o cultivo agrícola intensivo e mecanizado (Figuras 4 e 5). São justamente nesses tipos de solos que a agricultura se expande de forma substancial na fronteira agrícola, muitas vezes, com produtividades compatíveis com as obtidas em áreas de solos tropicais sem cascalho (Almeida et al., 2024).

Depois dessas condições garantidas, quanto maior a porcentagem de argila na fração de terra fina e a relação terra fina/cascalho e menor o tamanho dos fragmentos grossos, maior será o potencial produtivo dos Plintossolos Pétricos.

A presença de fragmentos grandes de petroplintitas (calhaus e matações) nos Plintossolos Pétricos irá influenciar nos custos de preparo das áreas para uso agrícola intensivo. Para superar as condições do clima tropical úmido da região de fronteira agrícola, caracterizado por altas temperaturas e veranicos frequentes, e para corrigir a acidez desses solos, que são intemperizados e têm baixa disponibilidade de nutrientes, é importante a incorporação de calcário na maior profundidade possível (Lustosa Filho et al., 2021). Essa operação, assim como qualquer outra que promova o revolvimento do solo durante o seu preparo, implicará soerguimento dos fragmentos de petroplintitas, os quais deverão ser removidos das áreas que serão mecanizadas.

Assim, quanto maior o tamanho dos fragmentos de petroplintita (calhaus, 2-20 cm, e matações, >20 cm), maior será o custo com as operações de catação (Figura 12a). De forma geral, todo preparo de Plintossolos Pétricos levanta petroplintitas em seu preparo, mas aqueles em que predominam fragmentos menores, como cascalho, podem ser manejados com coletas manuais, menor número de operações e menor custo. Por outro lado, Plintossolos Pétricos com abundância de fragmentos maiores demandam catação de forma mecanizada – com implementos específicos para essa finalidade – e um maior número de operações para viabilizar o cultivo de grãos. Em alguns casos, o excesso de fragmentos grandes soerguidos pode inviabilizar a área para cultivo intensivo mecanizado. Nesse caso, o uso com

pastagem perene é mais adequado.

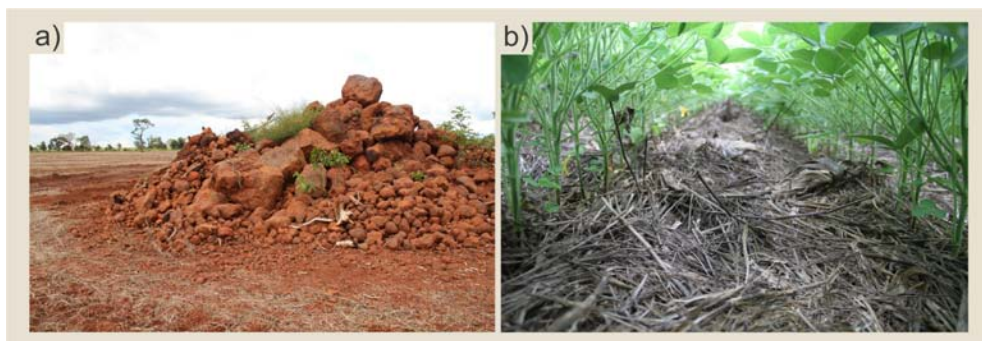


Figura 12. Abertura de áreas de Plintossolo Pétrico concrecionário, etapa de catação mecanizada e formação de montes de pedras de tamanho grande, Cristalândia – TO (a); soja semeada em palha de braquiária ruziziensis em Plintossolo Pétrico Concrecionário, Paraíso do Tocantins – TO (b), com produtividade de 85 sacos/ha (safra 2020/2021). Fonte: Rodrigo Estevam Munhoz de Almeida.

A proporção de fragmentos grossos vs terra fina de um Plintossolo Pétrico é importante, pois é na fração terra fina que será armazenada água, matéria orgânica e nutrientes. Segundo Almeida et al. (2023), a granulometria variou de 57% de fração grossa e 47% de terra fina até 90% de fração grossa e 10% de terra fina em um pequeno horizonte amostral de Plintossolos Pétricos do estado do Tocantins.

Solos com maior porcentagem de pedregosidade nos horizontes superficiais, serão mais suscetíveis ao estresse hídrico durante veranicos ou em anos ruins de chuvas, seja pela distribuição ou por menor volume hídrico, com maior limitação aos cultivos de safrinha, época com menor quantidade de chuvas durante os cultivos. Essas áreas têm maior aptidão para cultivo de apenas uma safra de grãos, geralmente soja, com produção de forragens para pecuária durante a entressafra. O uso de capins nessas áreas com alta porcentagem de cascalho é importante para formação de palha, a fim de reduzir a maior dificuldade de germinação, emergência e formação de estande de plantas do cultivo de grãos da safra seguinte.

Por último, conhecer a textura da terra fina é importante, uma vez que Plintossolos Pétricos mais argilosos garantem maior resiliência em períodos de deficiência hídrica e apresentam maior potencial de cultivo em safrinha (ainda que com calendário mais restrito em relação a solos sem pedregosidade). Segundo Almeida et al. (2023), a textura da terra fina é bastante variada em Plintossolos Pétricos Concrecionários. Em dois solos com proporção semelhante de fração grossa-terra fina, a terra fina de um deles é composta por 18% de argila e 78% de areia, e a do outro por 53% de argila e 38% de areia.

Conhecer as potencialidades de uso agrícola dos tipos de Plintossolos Pétricos é fundamental para melhor decisão de manejo e uso das áreas. Com estas informações é possível definir: quais áreas apresentam maior potencial para cultivo intensivo de safra e safrinha e, portanto, devem ser plantadas primeiro; quais áreas devem ser cultivadas apenas com uma safra de grãos atrelada à produção de carne em sistemas integrados; quais áreas devem ser mantidas como pastagens perenes com o mínimo de revolvimento de solo; e quais não devem ser utilizadas para qualquer uso agropecuário, devendo ser preservadas e destinadas à aquisição de créditos de carbono.

De uma forma ou de outra, a adoção de sistemas de cultivo sem revolvimento do solo, com rotação de culturas e aporte de biomassa para produção de palha é fundamental para reduzir a evaporação de água, evitar o aquecimento superficial do solo e potencializar a diversidade biológica, além de promover a ciclagem de nutrientes e o aumento da matéria orgânica e, assim, estabelecer condições para superação das dificuldades e fragilidades inerentes aos Plintossolos Pétricos e às condições climáticas da região de fronteira agrícola.

8 Considerações finais

As expressivas áreas de Plintossolos Pétricos do Tocantins revelam divergências morfológicas e pedogênicas entre os solos localizados nas bacias do rio Tocantins e do rio Araguaia, refletindo diferentes contextos de evolução regional. Ao passo que os Plintossolos Pétricos Concrecionários são abundantes em ambas as bacias – ora litomórficos, ora pedomórficos – os Plintossolos Pétricos Litoplínticos da bacia do rio Araguaia exibem horizontes com petroplintita espessos e contínuos. Diante desses cenários, conhecer os tipos de Plintossolos Pétricos – sua posição na paisagem, profundidade efetiva, suscetibilidade ao encharcamento, proporção de pedregosidade vs terra fina, textura da terra fina e o tamanho do material grosso que constitui esses solos – é fundamental para o discernimento do seu maior ou menor potencial produtivo.

Com este conhecimento a respeito dos Plintossolos Pétricos é possível uma tomada de decisão assertiva em relação a quais áreas devem ser destinadas à preservação ambiental ou ao uso com pastagens, cultivos integrados de grãos e pastagens ou, até mesmo, cultivos intensivos de safra e safrinha.

De qualquer forma, o caminho para o uso sustentável destes solos, desde os mais complexos até os de maior potencial produtivo, sempre permeará o uso de sistemas de produção com aporte de biomassa para promover a saúde destes solos e superar as dificuldades de manejo inerentes aos Plintossolos Pétricos e ao clima tropical úmido da região de fronteira agrícola.

9 Referências

- Abreu FAM. Estratigrafia e evolução estrutural do segmento setentrional da faixa de dobramentos Paraguai – Araguaia. Dissertação (Mestrado) - NCGG, Universidade Federal do Pará. 90p. 1978.
- Ab'Saber AN. Os domínios de natureza no Brasil: potencialidades paisagísticas. São Paulo: Ateliê Editorial, 134p. 2003.
- Aleva GJJ. On weathering and denudation of humid tropical interfluves and their triple planation surfaces. *Geologie en Mijnbouw*. 1983.
- Almeida REM, Dias TSS, Uhlmann A, Ramos MR, Evangelista BA, Costa RV, Simon J, Vidal-Torrado P. Uso Agrícola dos Plintossolos Pétricos do oeste do estado do Tocantins. In: Guia de Campo da XIV Reunião Brasileira de Classificação e Correlação de Solos – Goiás e Tocantins, p. 137-162. 2023.
- Almeida REM, Souza HAS, Evangelista BA, Uhlmann A, Ramos MR, Sagrilo E, Dias TSS, Oliveira LRSP, Costa NR. Challenges to Managing Soil Health in the Newest Agricultural Frontier in Brazil. In: Mendes IC, Cherubin MR. (Eds). *Soil Health and Sustainable Agriculture in Brazil*. 2024. <https://doi.org/10.1002/9780891187448.ch11>.
- Alvares CA, Stape JL, Sentelhas PC, Gonçalves JLM, Sparovek G. Köppen's climate classification map for Brazil. *Meteorologische Zeitschrift*, v. 22, p. 711-728. 2013.
- Büdel J. *Climatic Geomorphology*. New Jersey: Princeton University Press. 1992.
- Dantas ME, Shinzato E, Carvalho Filho A, Lumbreras JF, Teixeira WG, Rocha MG, Machado MF. Origem das paisagens do estado do Tocantins. In: Rocha MG. (Org.). *Geodiversidade do Estado do Tocantins*. Goiânia, CPRM, 47-84. Programa Geologia do Brasil. Levantamento da Geodiversidade. 2019.
- de Campos DS, Camêlo DL, Silva AC, Santos M, Vidal-Torrado P. Relationships between morphological facies and the evolutionary processes of petroplinthites in the Southern Espinhaço Range (SE-Brazil). *Catena*, v. 243, 108153. 2024.

Frasca AAS, Araújo VA. Palmas, Folha SD.22-Z-B, Estado do Tocantins. Brasília: CPRM. 52 p.il. + 2 mapas; escala 1:250.000. Projeto hidrogeologia no Tocantins; Programa levantamentos hidrológicos Básicos do Brasil - PLGB. 2001.

Hasui Y, Abreu FAM, Rangel JMR. Estratigrafia da Faixa de Dobramentos Paraguai Araguaia no centro norte do Brasil. Bol. Inst. Geoc. - USP, v.8, p. 107-118. 1977.

IBGE. Mapa Índice Digital. 5ª ed. Rio de Janeiro: IBGE, 21p. 2021.

King LC. A Geomorfologia do Brasil Oriental. Revista Brasileira de Geografia, São Paulo, v. 18, n. 2, p. 147-265. 1956.

Lustosa Filho JF, Souza HA, Almeida REM, Leite LFC. Conservação e manejo da fertilidade do solo no Cerrado do Matopiba. In: Iwata BF, Rocha IL. (Eds.), Cerrado: capital natural e serviços ambientais (pp. 75–97). Paco Editorial. 2021.

Milani EJ, Santos CF, Castro AHA. Geologia e sistemas petrolíferos das bacias sedimentares brasileiras. Boletim de Geociências da Petrobrás, v. 9, p. 16 -21. 2003.

Millot G. Geology of clays - weathering, sedimentology, geochemistry. Springer Verlag, Berlin, 429p. 1972.

Neves MLS, Teixeira WG, Reis AMH, Shinzato E, Monteiro JEBA. Estimativas da água disponível no solo por meio de equação de pedotransferência e de valores tabelados por classes de solo na área do roteiro da RCC de Goiás e Tocantins. In: Guia de Campo da XIV Reunião Brasileira de Classificação e Correlação de Solos – Goiás e Tocantins. 2023.

Oliveira VA, Lumbreiras JF, Coelho MR, Santos GG, Severiano EC, Collier LS, Rios AJW, Almeida REM, Uhlmann A, Ramos MR, Calderano SB. Solos da XIV Reunião Brasileira de Classificação e Correlação de Solos (RCC de Goiás e Tocantins). In: Guia de Campo da XIV Reunião Brasileira de Classificação e Correlação de Solos – Goiás e Tocantins. 2023.

Ribeiro JF, Walter BMT. Fitofisionomias do bioma cerrado. In: Sano SM, Almeida ASP. (Ed.). Cerrado: ambiente e flora. Planaltina. EMBRAPA-CPAC, p. 89-166. 1998.

Santos HG, Jacomine PKT, Anjos LHC, Oliveira VA, Lumbreras JF, Coelho MR, Almeida JA, Araújo Filho JC, Oliveira JB, Cunha TJF. Sistema Brasileiro de Classificação de Solos. 5ª Edição, EMBRAPA, Brasília. 2018.

Tardy Y. Pétrologie des latérites et des sols tropicaux. Masson, Paris, 461 p. 1993.