

Potencial de recarga hidrológica em duas pedossequências da Bacia Hidrográfica Paraná III⁽¹⁾

Gustavo R. Curcio^(2,5), João Bosco Vasconcellos Gomes⁽²⁾, Annete Bonnet⁽²⁾, Nilton Curi⁽³⁾ e Verediana Fernanda Cherobim⁽⁴⁾

⁽¹⁾ Trabalho realizado com apoio financeiro da Embrapa, Governo do Estado do Paraná e Itaipu Binacional. ⁽²⁾ Pesquisadores, Embrapa Florestas, Colombo, PR. ⁽³⁾ Professor, Universidade Federal de Lavras, Lavras, MG. ⁽⁴⁾ Técnica, Fundação de Apoio à Pesquisa e ao Desenvolvimento (Faped), Sete Lagoas, MG. ⁽⁵⁾ gustavo.curcio@embrapa.br

Introdução

A presença da água no solo é resultado de um processo de elevada complexidade interna, dependente de vários elementos e interações (Lin, 2012), a começar pela influência climática local, envolvendo atributos como pluviosidade, temperatura e ventos, geologia, geomorfologia, uso do solo entre outros.

Sob o ponto de vista pedológico, várias características podem ser indicadas como interferentes diretas na quantidade de água armazenada, dentre os quais se destacam a textura, a estrutura e a espessura do solo, sobretudo, suas interdependências, bem como o próprio posicionamento desse na paisagem.

A quantidade de água estocada no solo está diretamente relacionada à sua disponibilidade para os cultivos agrossilvopastoris (Hillel, 2007; Germann et al., 2012), além de possuir relações estreitas com o processo erosivo (Merten et al., 2016), especialmente no que diz respeito à recarga e descarga de mananciais hidrológicos. Sob o ponto de vista pluviométrico, a região da 1ª Reunião de correlação e classificação de solos e vegetação fluvial (RCCSVF) alcança valores expressivos e bem distribuídos no ano, em torno de 1.800 mm/ano (vide artigo *Caracterização climática da Bacia Hidrográfica Paraná III - BHP III e parte da Bacia Hidrográfica Piquiri – BHP*).

Para que esse processo de estocagem hídrica atinja o seu pleno potencial em solos submetidos aos sistemas de produção, é crucial promover práticas agrícolas que favoreçam o processo de infiltração da água no solo (Barbosa et al., 2019), associadas às práticas de manejo que beneficiem o seu estado funcional. Em razão da situação hidrológica crítica em que se encontram diferentes regiões paranaenses, determinar as taxas de infiltração e a permeabilidade saturada, assim como a curva de retenção de cada tipo de solo foi o alvo do levantamento de solos efetuado pelo projeto PronaSolos Paraná (Curcio et al., 2023).

Durante as ações de levantamento de solos nas bacias hidrográficas Paraná III e parte da Piquiri, por diversas vezes, foi constatada a presença de “assinaturas fluviais” que refletem alto grau de incisão nas paisagens, com tipicidade atrelada a caudais fluviais perenes. Contudo, hoje, dependendo da época do ano, uma considerável parte desses cursos d’água encontra-se seco. O processo foi constatado com alta recorrência em rios de 1ª ordem da Província Patamarizada sobre rochas eruptivas (básicas e ácidas), os quais incidem paisagens de elevada declividade, onde prevalecem solos rasos e pedregosos, portanto, com baixo grau de armazenamento de água (vide artigos *Províncias geomorfológicas da área foco da 1ª RCCSVF: características e funcionalidades* e *Solos da Bacia Hidrografia Paraná III e parte da Bacia Hidrográfica Piquiri*). Nessas condições, inúmeras foram as ocasiões em que, por contato estabelecido com agricultores, registraram-se relatos de que os rios estão secando, a começar pela perda de nascentes.

A inquietação deflagrada nos agricultores na Bacia Hidrográfica Paraná III durante o levantamento de solos e vegetação pelo PronaSolos PR é extremamente pertinente, a despeito da precipitação pluviométrica na região ficar em torno de 1.700 mm/ano, sem expressivo período de estiagem (vide artigo *Caracterização climática da Bacia Hidrográfica Paraná III - BHP III e parte da Bacia Hidrográfica Piquiri – BHP*).

Vários argumentos podem ser apontados como justificativa para essa disfunção hidrológica parcial identificada em alguns segmentos de paisagem. Dentre estes, destacam-se a retirada da cobertura florestal (vide artigo *Vegetação fluvial na região Cascavel – Guaíra*), usos impróprios e manejos inadequados dos

sistemas de produção (vide artigo *Uso e manejo do solo em sistemas de produção agropecuários nas regiões oeste e noroeste do Paraná*), solos rasos e pedregosos e erosão acentuada (vide artigo *Processos erosivos e suas relações com as práticas de manejo e uso do solo*). Esses fatores, em conjunção, incorrem em desajustes hidrológicos funcionais dos solos, principalmente aqueles pertencentes à Província Patamarizada.

Neste capítulo, o objetivo é analisar e discutir o potencial de armazenamento hidrológico de duas pedossequências distintas, ambas sobre rochas eruptivas da Bacia Hidrográfica Paraná III (Besser et al., 2021), todavia, em províncias geomorfológicas dessemelhantes: Convexada e Patamarizada (vide artigo *Províncias geomorfológicas da área foco da 1ª RCCSVF: características e funcionalidades*). Os pilares dessa análise levam em consideração o tamanho das pedossequências e as classes de solos constituintes, relevando as espessuras e as respectivas porosidades totais dessas, considerando ainda, quando congruente, a presença de material esquelético (material mineral com diâmetro maior que 2 cm) em Neossolos Regolíticos e Neossolos Litólicos, ambos solos rasos por definição.

Pedossequências selecionadas

Para a comparação do potencial de armazenamento de água no solo foram escolhidas duas pedossequências relativamente próximas — municípios de Cascavel e Ouro Verde — as quais legitimam características pedológicas e geomorfológicas de duas províncias, Convexada (PPC) e Patamarizada (PPP). Ambas ocorrem sobre rochas eruptivas do Grupo Serra Geral, sendo a locação da PPC na Formação Paranapanema e a PPP na Formação Pitanga (vide artigo *Geologia das Bacias Hidrográficas Paraná III (BHP III) e Piquiri (BHP)*).

Para os cálculos, inicialmente as pedossequências foram segmentadas em coerência com as classes de solos constituintes (unidades simples ou associação) e com o comprimento expresso em metros. Para ambas as pedossequências, foram consideradas rampas com 1 m de largura como valor fixo. Para os diferentes segmentos que compõem as pedossequências, foram definidos ou estimados os valores de espessura (m) e a porosidade total (m³).

As espessuras dos solos nos vários segmentos que compõem a PPC foram obtidas por meio de tradagens e análises de perfis de solos, complementadas por vários registros de métricas expositivas em pedreiras, estradas e construções rurais durante as ações do levantamento de solos. Deve ser salientado que a espessura do solo envolve o regolito, ou seja, tudo que está acima da rocha consolidada.

No caso da PPP, em razão da grande quantidade de cascalhos e pedregosidade (fração esquelética do solo) nos Neossolos Regolíticos e Litólicos, os resultados foram ajustados por meio de um coeficiente, condição que exclui a influência desse tipo de fração. O coeficiente é igual a 1 para solos sem a fração esquelética.

As porosidades totais dos solos das pedossequências 1 e 2 foram determinadas mediante coleta de anéis volumétricos em perfis modais das principais classes de solos registradas no levantamento de solos. Nesses anéis, efetuaram-se análises das características físico-hídricas conforme consta na compilação de Donagema et al. (2011).

Assim, tem-se:

$$V_p = LR \cdot \sum_{i=superfície}^n \dots (C \cdot E \cdot PT)_i$$

em que

V_p = Volume de poros do segmento da pedossequência (m³)

LR = largura da rampa (m) (considerando 1 m de largura)

C = comprimento do segmento do solo i na pedossequência (m);

E = espessura média (estimada) do segmento do solo i na pedossequência (m); e

PT = porosidade total do solo i na pedossequência (em decimal)

O volume potencial de armazenamento de água da pedossequência corresponde ao volume total de poros dos solos que a constituem que, por sua vez, é o somatório do armazenamento dos solos dentro de todos os segmentos.

Para os Latossolos da PPC, como não houve a possibilidade de se efetuar coleta de anéis volumétricos em grandes profundidades e, ainda, devido à relativa homogeneidade subsuperficial desses em profundidades maiores (Carvalho; Sobral Filho, 1984), foram utilizados os valores obtidos nos respectivos horizontes diagnósticos – Bw₂. Para os Nitossolos, a porosidade total em subsuperfície também foi considerada homogênea, sendo assim, o valor do horizonte Bt₂ foi extrapolado em profundidade (Tabela 3). Salienta-se que a porosidade dos horizontes subsuperficiais de cada classe de solo representa, na prática, o solo como um todo, devido às pequenas espessuras dos horizontes superficiais.

Posteriormente, os valores de potencial máximo de armazenamento de água (m³) contidos em cada segmento foram convertidos em lâmina (mm). Por fim, calculou-se uma média ponderada de altura de água suportada para cada pedossequência (mm).

Como pressuposto para os métodos de determinação de água armazenada e a altura de água das pedossequências, considerou-se a velocidade de infiltração e a permeabilidade saturada de água sempre superior ou, minimamente, igual à intensidade de chuva.

Evidentemente que a média ponderada de altura de água para cada pedossequência não tem sentido no mundo real, mas permite, de forma simples, uma comparação dos comportamentos hidrológicos das duas pedossequências analisadas, foco central desse artigo.

Pedossequência da Província Convexada (PPC)

A PPC possui um comprimento de 1.634 m e é constituída por quatro tipos de solos (Latossolo Vermelho – LV, Nitossolo Vermelho – NV, Cambissolo Háplico – CX e Cambissolo Flúvico – CY), totalizando oito segmentos: três em Latossolos, quatro em Nitossolos e um envolvendo dois Cambissolos (Figuras 1 e 2).

Os três segmentos de LV ocorrem nos terços superior, médio e parte do inferior da pedossequência em condições de tênues variações de relevos, de plano a suave ondulado. Os quatro segmentos constituídos por NV encontram-se à jusante, especificamente no terço inferior da pedossequência sob relevo majoritariamente ondulado. No último e menor segmento coadunam duas classes de solos, CX e CY, respectivamente, ao final do terço inferior da encosta e planície, ambos sob relevo suave ondulado (Figura 2).

Embora a textura (muito argilosa a argilosa) pouco varie, as espessuras dos solos sofrem consecutivas atenuações ao longo da pedossequência, além de declividades crescentes à jusante, conjugação que incorre em perdas acentuadas no potencial de armazenamento de água ao final da rampa, em função do escoamento superficial (Figura 2).

Pedossequência da Província Patamarizada (PPP)

Em razão do elevado grau de dissecação da paisagem, verifica-se nessa pedossequência maior complexidade geomorfológica (Figura 3), com exibição de conformações muito heterogêneas - rampa mista - (vide artigo *Províncias geomorfológicas da área foco da 1ª RCCSVF: características e funcionalidades*), subseqüentemente, grande diversidade e alternância pedológica (vide artigo *Solos da Bacia Hidrografia Paraná III e parte da Bacia Hidrográfica Piquiri*).

Com um comprimento de 1.938 m, a PPP é constituída por seis classes de solos (Luvissole Crômico – TC, Neossolo Regolítico – RR, Neossolo Litólico – RL, Nitossolo Vermelho – NV, Luvissole Ebânico – TE e Cambissolo Flúvico – CY) distribuídos em seis segmentos (Figuras 3 e 4).

Como primeiro segmento da PPP, em relevo de topo, encontra-se o Luvissole Crômico Pálico cambissólico disposto sob feições geomorfológicas levemente movimentadas, nas classes de relevo suave ondulado e ondulado (vide artigo *Solos da Bacia Hidrografia Paraná III e parte da Bacia Hidrográfica Piquiri*). Ainda no terço superior, como segundo segmento, registra-se em rampa erosional (vide artigo *Províncias geomorfológicas da área foco da 1ª RCCSVF: características e funcionalidades*) uma associação intrincada de

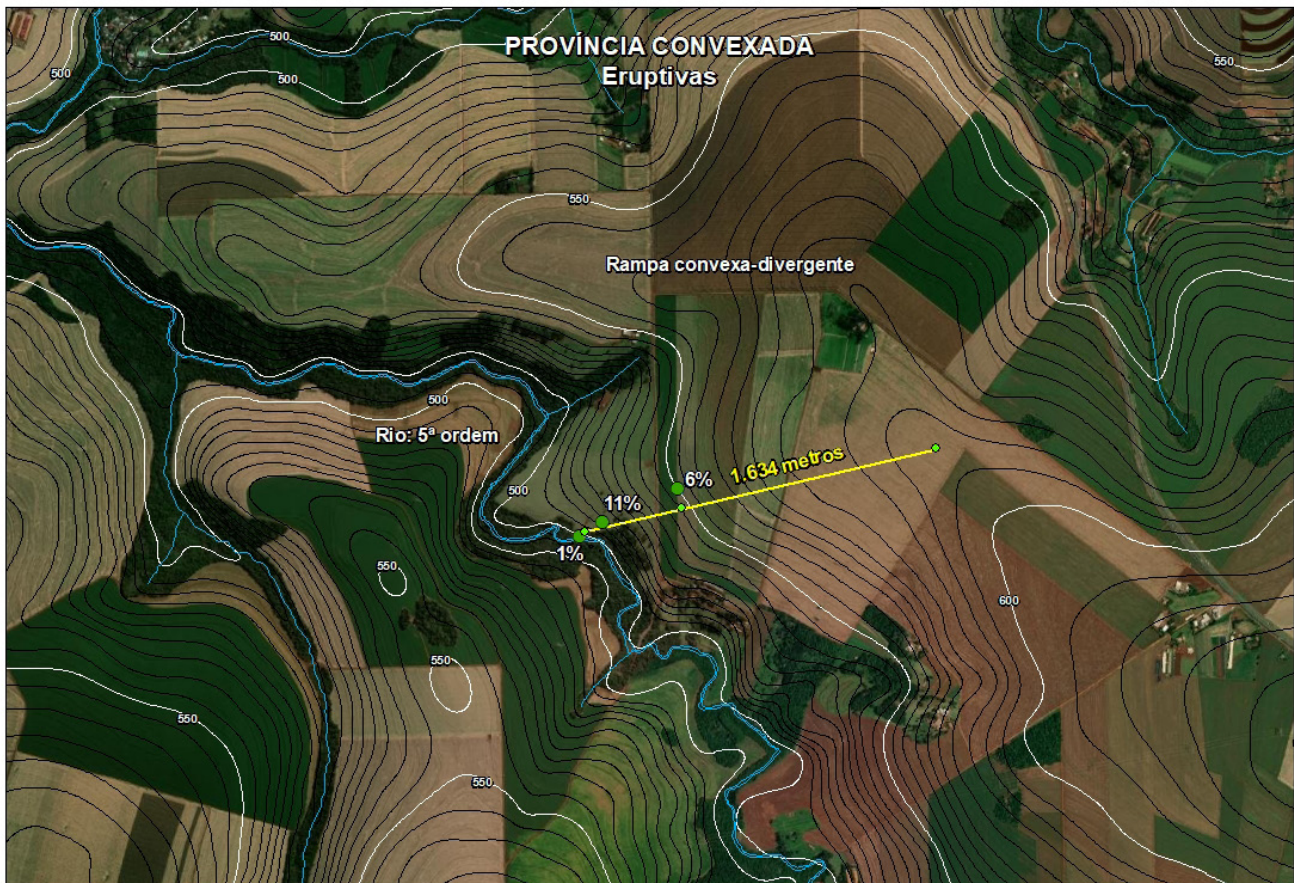


Figura 1. Imagem com pedossequência demarcada em Província Convexada (PPC), com comprimento total de 1.634 m e as seguintes classes de solos: Latossolo Vermelho; Nitossolo Vermelho; Cambissolo Háplico e Cambissolo Flúvico.

Fonte: imagem obtida pelo satélite Maxar, operado pela Codex.

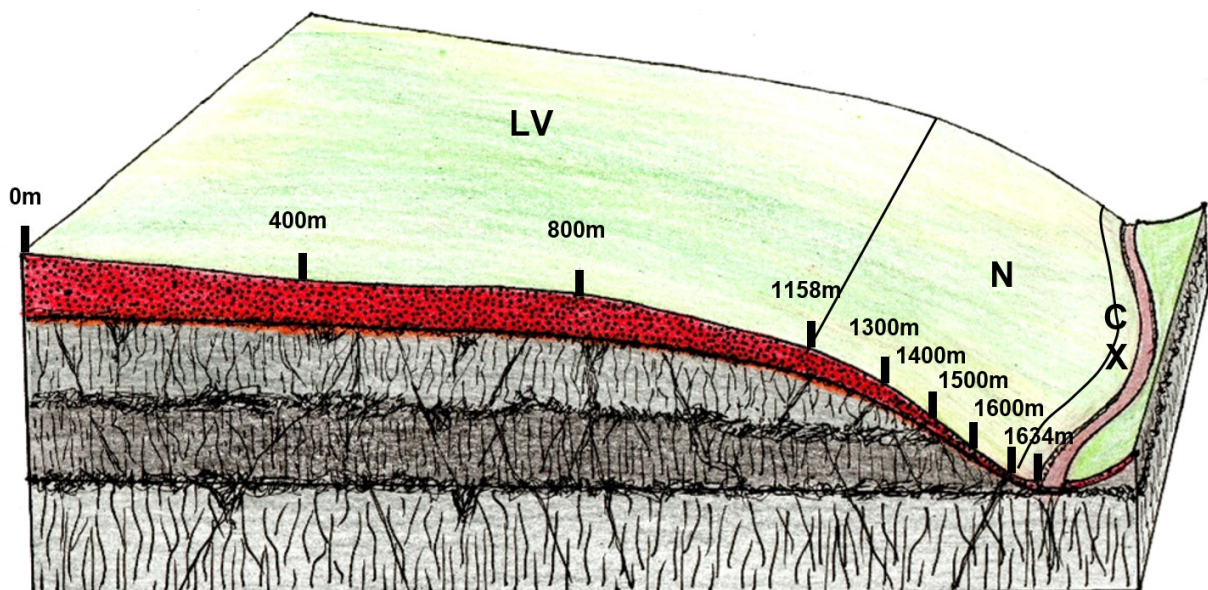


Figura 2. Ilustração da pedossequência da Província Convexada, com as classes de solos e suas respectivas métricas de ocupação em segmentos de paisagem: LV = Latossolo Vermelho; NV = Nitossolo Vermelho; CX e CY = Cambissolo Háplico e Cambissolo Flúvico.

Ilustração sem escala: Gustavo Ribas Curcio.

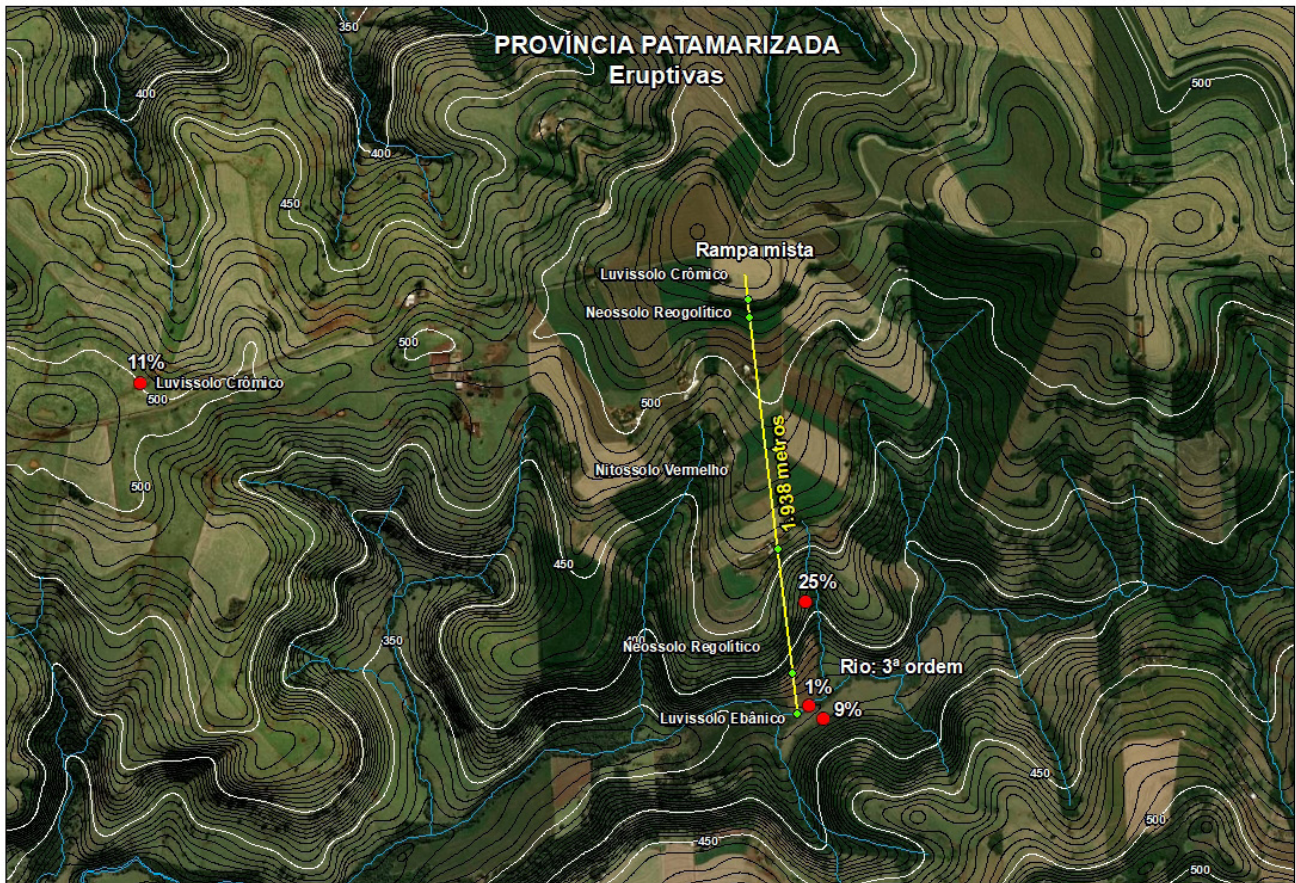


Figura 3. Imagem com pedossequência demarcada em Província Patamarizada (PPP), com comprimento total de 1.938 m e as seguintes classes de solos: Luvissole Crômico; Neossolo Regolítico; Neossolo Litólico; Nitossolo Vermelho; Luvissole Ebânico (sugestão de classificação) e Cambissolo Flúvico.

Fonte: imagem obtida pelo satélite Maxar, operado pela Codex.

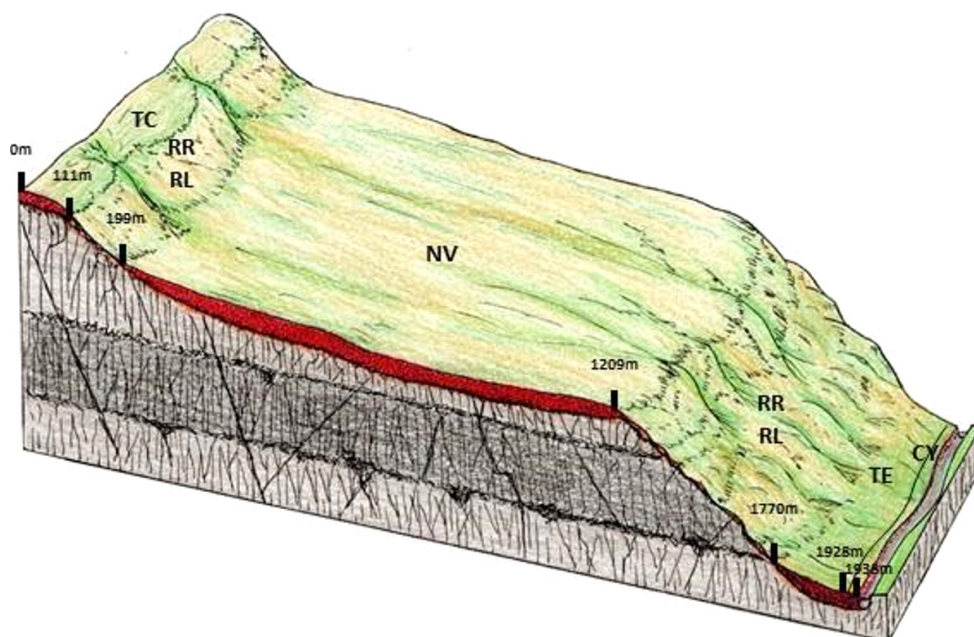


Figura 4. Ilustração da pedossequência da Província Patamarizada, classes de solos e suas respectivas métricas de ocupação nos segmentos de paisagem: Luvissole Crômico – TC; Neossolo Regolítico – RR; Neossolo Litólico – RL; Nitossolo Vermelho – NV; Luvissole Ebânico – TE e Cambissolo Flúvico – CY

Ilustração sem escala: Gustavo Ribas Curcio.

Neossolos Regolíticos e Litólicos — ambos eutróficos textura média, cascalhentos e pedregosos, sob relevos mais dissecados — ondulado e forte ondulado (Figura 4).

O terceiro segmento situado parcialmente em terço superior e médio da paisagem é ocupado por Nitossolo Vermelho Eutroférico retrático com textura muito argilosa — em rampa coluvionar, em classe de declive predominantemente ondulado. Este segmento corresponde ao maior compartimento geomórfico dessa pedossequência (Figuras 3 e 4).

À jusante, em terço inferior, surgem novas feições geomorfológicas com alto grau de movimentação em rampa erosional — relevos forte ondulado e montanhoso — ocupados pela associação de Neossolos Regolítico e Litólico — ambos em fase erodida (praticamente destituídos de horizonte A), eutróficos textura média, cascalhentos, pedregosos e rochosos.

No último segmento de encosta — rampa coluvionar basal — constituída por relevo ondulado — encontra-se o Luvisolo Ebânico Pálico típico textura muito argilosa.

Finalmente, em segmento de planície fluvial, registra-se a presença de Cambissolo Flúvico Tb Eutrófico típico em relevo suave ondulado.

A peculiaridade diferencial da PPP são os exíguos valores de espessura do manto pedológico de todos os seus segmentos (Tabela 2), principalmente se comparados com os valores encontrados nos mantos que compõem os segmentos da PPC (Tabela 1). Além disso, exatamente os solos mais rasos, segmentos de RR e RL, encontram-se em fase erodida e ainda apresentam uma grande quantidade de fração esquelética em seus horizontes subsuperficiais, os quais subtraem substancialmente o volume real de solo e, por conseguinte, o volume de poros passíveis de serem preenchidos por água.

Potencial de armazenamento de água

Embora ambas as pedossequências se originem de rochas eruptivas básicas do Grupo Serra Geral, há distinções evidentes quanto às feições geomorfológicas e, conseqüentemente, diferenças marcantes em suas constituições pedológicas (vide artigos *Geologia das Bacias Hidrográficas Paraná III (BHP III) e Piquiri (BHP) e Províncias geomorfológicas da área foco da 1ª RCCSVF: características e funcionalidades*).

Intensidades muito fortes de dissecção acometem os ambientes elaborados sobre as rochas eruptivas da Formação Pitanga, atenuando-se à montante, em direção ao divisor topográfico com a Bacia Hidrográfica do Rio Piquiri, onde se encontram paisagens edificadas sobre substratos eruptivos da Formação Paranapanema. Em outras palavras, os processos de morfogênese que atuam na primeira formação sobrepujam os de pedogênese, conferindo menores espessuras de solos. Assim, os graus de desenvolvimento pedológico dos solos que constituem as duas pedossequências são notáveis, verificando-se espessuras bem maiores e ausência total da fração esquelética nos solos da PPC (Tabelas 1 e 2).

Tabela 1. Constituição pedológica em segmentos de paisagem da pedossequência da Província Convexada (PPC) — classes de solo, comprimento de rampa, espessura do manto pedológico (até a rocha), porosidade total do solo e coeficiente fração esquelética.

Segmento da paisagem	Classe de solo ⁽¹⁾	Comprimento (m)	Espessura do manto pedológico (m)	Porosidade total (m ³ m ⁻³)	Coefficiente fração esquelética
1	LV	400	8,50	0,70	1,00
2	LV	400	7,25	0,70	1,00
3	LV	358	5,00	0,70	1,00
4	NV	142	3,00	0,64	1,00
5	NV	100	2,25	0,64	1,00
6	NV	100	1,75	0,64	1,00
7	NV	100	1,25	0,64	1,00
8	CX+CY	34	1,50	0,65	1,00
Total		1.634	—	—	—

⁽¹⁾ LV = Latossolo Vermelho, NV = Nitossolo Vermelho, CX = Cambissolo Háptico e CY = Cambissolo Flúvico.

Tabela 2. Composição dos segmentos de paisagem da pedossequência da Província Patamarizada (PPP) — classes de solo, comprimentos de rampa, espessuras do manto pedológico (da superfície até a rocha), porosidade total do solo e coeficiente fração esquelética.

Segmento da paisagem	Classe de solo ⁽¹⁾	Comprimento (m)	Espessura do manto pedológico (m)	Porosidade total (m ³ m ⁻³)	Coefficiente fração esquelética
1	TC	111	1,60	0,70	1,00
2	RR + RL	88	0,10	0,69	0,35
3	NV	1010	1,70	0,64	1,00
4	RR + RL	561	0,05	0,69	0,25
5	TE	158	1,80	0,69	1,00
6	CY	10	1,50	0,65	1,00
Total		1.938	–	–	–

⁽¹⁾ TC = Luvisso solo Crômico; RR = Neossolo Regolítico; RL = Neossolo Litólico; NV = Nitossolo Vermelho; TE = Luvisso solo Ebânico e CY = Cambissolo Flúvico.

Pelo exposto, é expressiva a diferença de potencial de armazenamento de água entre as duas pedossequências. O primeiro segmento da PPC, constituído por LV e com 400 m de comprimento, possui um volume poroso correspondente a 2.380 m³, valor que excede o volume total de poros da PPP, que é de 1.436 m³ (Figura 2, Tabelas 1 e 3).

Tabela 3. Estimativas relacionadas à capacidade de armazenamento de água em solos de duas pedossequências desenvolvidas, com o volume de poros e a altura de água suportada (AAS) em feições geomorfológicas contrastantes (Províncias Convexada e Patamarizada).

Segmento da paisagem	Pedossequência					
	Província Convexada			Província Patamarizada		
Classe de solo ⁽¹⁾	Volume de poros ⁽²⁾ (m ³)	AAS ⁽³⁾ (mm)	Classe de solo ⁽¹⁾	Volume de poros ⁽²⁾ (m ³)	AAS ⁽³⁾ (mm)	
1	LV	2.380	60	TC	124	11
2	LV	2.030	51	RR+RL	2	0,2
3	LV	1.253	35	NV	1.099	11
4	NV	273	19	RR+RL	5	0,1
5	NV	144	14	TE	196	12
6	NV	112	11	CY	10	10
7	NV	80	8	–	–	–
8	CX +CY	33	10	–	–	–
Total volume poros		6.305			1.436	
AAS ponderada			39			7

⁽¹⁾ LV = Latossolo Vermelho, NV = Nitossolo Vermelho; CX = Cambissolo Háplico; CY = Cambissolo Flúvico; TC = Luvisso solo Crômico; RR = Neossolo Regolítico; RL = Neossolo Litólico; TE = Luvisso solo Ebânico.

⁽²⁾ Volume de poros se relaciona diretamente à capacidade de armazenamento de água no total de cada segmento e da soma deles em cada pedossequência, para uma rampa de 1 m de largura.

⁽³⁾ AAS = altura de água suportada por cada segmento da pedossequência sem que ocorra escoamento superficial ou subsuperficial, considerando uma intensidade de chuva que nunca ultrapasse a capacidade de infiltração de água dos solos de cada segmento da pedossequência.

Ainda é interessante considerar que o comprimento total da rampa da PPC é inferior ao da PPP, respectivamente 1.634 m e 1.938 m (Tabelas 1 e 2). Entretanto, o desnível (diferença de altitude entre o topo e a calha do rio) da PPP é mais que o dobro da PPC (valores aproximados de, respectivamente, 190 e 95 m). Esses números evidenciam a disparidade na energia de dissecação envolvida nas duas pedossequências, gerando dessemelhanças acentuadas quanto aos tipos de solos (espessuras principalmente) e declividades, cenário que corrobora para intensificar a fragilidade hídrica da PPP relativamente à PPC (vide artigos *Geologia das Bacias Hidrográficas Paraná III (BHP III)* e *Piquiri (BHP)* e *Províncias geomorfológicas da área foco da 1ª RCCSVF: características e funcionalidades*).

Os ambientes que edificam a PPP, elaborados sobre a Formação Pitanga, refletem claramente os processos erosionais pujantes supracitados, fato que incorre na presença de Neossolos Regolíticos e Litólicos ocupando um terço da pedossequência, ambos com notável evidência da fração esquelética (Tabela 2).

Comparativamente, a Tabela 3 expressa o volume de poros total por segmento das duas pedossequências, conseqüentemente, demonstra o potencial de armazenamento de água (m³), ou a altura da água suportada (mm). Essa comparação evidencia claramente a elevada fragilidade hidrológica da PPP.

Na PPC, os segmentos mais propensos ao escoamento de água superficial ou subsuperficial são aqueles associados à presença dos Nitossolos Vermelhos, localizados no terço inferior da encosta devido à crescente concentração de fluxos hídricos superficiais. Não obstante, em grandes eventos pluviométricos, registra-se o espessamento do lençol freático, o qual frequentemente chega muito próximo à superfície, ou seja, aproximando-se do limite de liquidez do solo, favorecendo o processo erosivo.

Na PPP todos os segmentos da paisagem são preocupantes, mormente os dois segmentos com solos muito rasos (RR + RL). É importante destacar que os cálculos consideraram intensidade de precipitação pluvial sempre inferiores à velocidade de infiltração de água dos solos locais. Ou seja, para muitos eventos de chuva, o escoamento superficial (e parte do subsuperficial) se inicia muito antes de os volumes de poros do solo de cada segmento das pedossequências serem totalmente ocupados por água.

Ademais, há de se relacionar que o potencial de armazenamento de água dos solos que compõem uma pedossequência, de certa forma, está diretamente relacionado à maior ou menor descarga hidrológica (surgências hídricas à jusante), determinando a instituição de fluxos hídricos perenes ou temporários (intermitentes e efêmeros). Obviamente que as pedossequências constituídas por solos espessos (LV e NV), dispostos em relevos com menores declividades (tipo PPC), condicionam perenidade dos fluxos hídricos de subsuperfície, em razão da sinergia proporcionada por grandes volumes de água que se deslocam à jusante em menores velocidades.

Contrariamente, pedossequências do tipo PPP possuem menor potencial de armazenamento de água, resultado de espessuras de solos adelgaçados, elevadas declividades e grande quantidade de fração esquelética, interação que incorre em surgências hídricas menos possantes ou produtivas, portanto, assumindo mais comumente os caracteres intermitentes ou efêmeros.

Considerações finais

Os dados realçam a insegurança hídrica presente nas pedossequências que ensejam a Província Patamarizada, portanto é necessário que a classe técnica alcance um grau de consciência maior sobre dinâmica hidrológica, a ponto de interferir e propor mudanças na forma de uso e manejo dos solos naquela região. Como exemplo, sugere-se concretizar sistemas de pastejos extensivos mais sustentáveis para os solos que se encontram em relevos até a classe forte ondulado (20 a 45%), associando-se o componente arbóreo, e partindo-se para a eliminação das pastagens em relevos montanhoso e escarpado, infelizmente ainda ao sabor desagradável da erosão.

Por outro lado, é importante frisar que o uso sempre mais intensivo (cultivo de grãos) e os volumes totais de poros envolvidos em pedossequências da Província Convexada tornam essas muito mais estratégicas para a elaboração de políticas públicas voltadas à proteção dos recursos hídricos, pois essas são as grandes mantenedoras dos caudais fluviais perenes, evidentemente sem negligenciar as pedossequências pertencentes à Província Patamarizada. Portanto, os cuidados para evitar compactação dos solos passam a ser uma importante postura frente à dinâmica — recarga e descarga hidrológica.

Nesse contexto de recarga e descarga, merecem cuidados especiais os solos que constituem os relevos doliniformes, os quais devem ser destinados à preservação, dado o elevado potencial de contaminação do aquífero freático (vide artigo *Solos da Bacia Hidrografia Paraná III e parte da Bacia Hidrográfica Piquiri*).

Por fim, é essencial considerar a plena expansão da piscicultura na região, sistema cada vez mais importante para o estado do Paraná, principalmente na Província Convexada. É fundamental que a alocação desse sistema e os respectivos manejos sigam critérios técnicos para que não se tornem um fator de insegurança hidrológica para a população, como muitos dos que já se encontram instalados na região.

Referências

- BARBOSA, E. A. A.; BARBOSA, F. T.; DIAS, S. H. B. Disponibilidade e qualidade de água no meio rural. In: BERTOL, O. J.; COLOZZI FILHO, A.; BARBOSA, G. M. de C.; SANTOS, J. B. dos; GUIMARÃES, M. de F. (ed.). **Manual de manejo e conservação do solo e da água para o estado do Paraná**. Curitiba: Núcleo Estadual Paraná da Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2019. p. 37-41.
- BESSER, M. L.; BRUMATTI, M.; SPISILA, A. L. **Mapa geológico e de recursos minerais do estado do Paraná**. Brasília, DF: CPRM; Curitiba: Instituto Água e Terra; UFPR, 2021. Escala 1:600.000. Disponível em: <https://rigeo.cprm.gov.br/jspui/handle/doc/22492>. Acesso em: 27 nov. 2023.
- CARVALHO, A. P.; SOBRAL FILHO, R. M. Estudo de solos nos estados de Minas Gerais, Rio de Janeiro, São Paulo e Paraná. In: REUNIÃO DE CLASSIFICAÇÃO, CORRELAÇÃO DE SOLOS E INTERPRETAÇÃO DE APTIDÃO AGRÍCOLA, 3., 1984, Rio de Janeiro. **Anais [...]**. Rio de Janeiro: EMBRAPA-SNLCS, 1988. 425 p. (EMBRAPA-SNLCS. Documentos, 12).
- CURCIO, G. R.; BONNET, A.; OLIVEIRA, D. P. de; FERIANI, L. M.; QUEIROZ, L. H. R. de; CAVIGLIONE, J. H. **Proposta metodológica para levantamentos interativos de solos e de vegetação no Paraná**. Colombo: Embrapa Florestas, 2023. (Embrapa Florestas. Documentos, 387).
- DONAGEMMA, G. K.; CAMPOS, D. V. B. de; CALDERANO, S. B.; TEIXEIRA, W. G.; VIANA, J. H. M. (org.). **Manual de métodos de análise de solo**. 2. ed. rev. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2011. 230 p. (Embrapa Solos. Documentos, 132).
- GERMANN, P. F.; LANGE, B.; LÜSCHER, P. Preferential flow dynamics and plant rooting systems. In: LYN, E. (ed.). **Hydropedology: synergistic integration of soil science and hydrology**. Amsterdam: Academic Press, 2012. p. 121-141.
- HILLEL, D. **Soil in the environment: crucible of terrestrial life**. New York: Elsevier, 2007. 307 p.
- LIN, H. Hydropedology: addressing fundamentals and building bridges to understand complex pedology and hydropedology interactions. In: LYN, E. (ed.) **Hydropedology: synergistic integration of soil science and hydrology**. Amsterdam: Academic Press, 2012. p. 3-39.
- MERTEN, G. H.; ARAÚJO, A. G. de. Fundamentos teóricos do processo erosivo. IN: MERTEN, G. H.; ARAÚJO, A. G. de; BARBOSA, G. M. de C. (ed.). **Erosão no estado do Paraná: fundamentos, estudos experimentais e desafios**. Londrina: IAPAR, 2016. p. 27-34.