

OCORRÊNCIA DE PLINTITA COMO INDICADOR DE EXTENSÃO RIPÁRIA NAS BASES DAS ENCOSTAS NO CONTATO COM AS PLANÍCIES DE INUNDAÇÃO: ESTUDO DE CASO DA BACIA DO RIO APUAÊ-MIRIM/RS

José Mario Leal Martins Costa¹

Resumo: Os ecossistemas ripários ocorrem na interface entre os ecossistemas aquáticos e os terrestres, e exercem importantes funções ambientais. Por constituírem áreas altamente dinâmicas e de grande variabilidade espacial, são difíceis de serem identificadas e delimitadas. O presente estudo trata da possibilidade em utilizar as ocorrências de plintita nas bases de encostas em contato com as planícies de inundação como indicadoras da extensão ripária na bacia do rio Apuaê-Mirim/RS. Das análises feitas, foi observado que a variação da umidade subsuperficial responsável pela formação da plintita nos pontos selecionados decorrem da influência das formas geométricas nas bases das vertentes, das tipologias de usos e coberturas da terra, e das características texturais dos solos ao longo dos perfis.

Palavras-chave: Espaços ripários. Plintita. Bacia do Apuaê–Mirim. Bases de encostas. Hidrogeomorfologia

OCCURRENCE OF PLINTHITE AS AN INDICATOR OF RIPARIAN EXTENSION IN THE HILLSLOPES BASES IN CONTACT WITH THE FLOODPLAINS: CASE STUDY OF THE APUAÊ-MIRIM RIVER BASIN/RS

Abstract: Riparian ecosystems occur at the interface between aquatic and terrestrial ecosystems, and have important environmental functions. As they are highly dynamic areas with great spatial variability, they are difficult to be identified and delimited. The present study deals with the possibility of using plinthite occurrences at the base of slopes in contact with the floodplains as indicators of the riparian extension in the Apuaê-Mirim/RS river basin. From the analyzes made, it was observed that the variation of the subsurface humidity responsible for the formation of the plinthite in the selected points results from the influence of the geometric shapes in the bases of the slopes, the typologies of uses and land coverings, and the textural characteristics of the soils along the profiles.

Keywords: Riparian spaces. Plinthite. Apuaê–Mirim Basin. Bases of slopes. Hydrogeomorphology

PRESENCIA DE PLINTITA COMO INDICADOR DE EXTENSIÓN RIPARIA EN LAS BASES DE LAS LADERAS EN CONTACTO CON LAS LLANURAS DE INUNDACIÓN: ESTUDIO DE CASO DE LA CUENCA DEL RÍO APUAÊ-MIRIM/RS.

¹ Universidade Federal da Fronteira Sul, Cursos de Bacharelado e de Licenciatura em Geografia, Erechim, Brasil, jose.costa@uffs.edu.br, <https://orcid.org/0000-0002-5822-6390>

Resumen: Los ecosistemas riparios se encuentran en la interfaz entre los ecosistemas acuáticos y terrestres y tienen importantes funciones ambientales. Al tratarse de zonas muy dinámicas y con gran variabilidad espacial, son difíciles de identificar y delimitar. El presente estudio aborda la posibilidad de utilizar ocurrencias de plintita en la base de laderas en contacto con las llanuras de inundación como indicadores de la extensión riparia en la cuenca del río Apuaê–Mirim/RS. A partir de los análisis realizados, se observó que la variación de la humedad subterránea responsable de la formación de plintita en los puntos seleccionados se debe a la influencia de las formas geométricas en las bases de las laderas, de los tipos de usos y coberturas de la tierra, y de las características texturales de los suelos a lo largo de los perfiles.

Palabras clave: Espacios riparios. Plintita. Cuenca del Apuaê–Mirim. Bases de laderas. Hidrogeomorfología

Introdução

Os ecossistemas ripários ocorrem às margens dos corpos d'água, e constituem um estado intermediário entre os ecossistemas aquáticos e os de terra firme, apresentando comunidades vegetais adaptadas a condições de alta umidade, comumente associadas a solos saturados (ou semi-saturados), que decorrem da influência hidrológica dos corpos d'água próximos.

São ambientes bastante dinâmicos, com grande variabilidade espaço temporal, refletindo uma intrincada relação entre os seus elementos naturais componentes (vegetação, solo, geologia, topografia, entre outros), donde a hidrologia exerce a função preponderante, conferindo às suas formações vegetais uma alta complexidade estrutural e composicional. Tais características tornam os ambientes ripários bastante difíceis de serem delimitados e mapeados (MOMOLI, 2006; KOBAYAMA, 2003).

Muitos autores, balizados na concepção de inter-relacionamento entre as formas de relevo dos ambientes fluviais e a vegetação, emergente desde a metade do século XX (MULLER, 1997; BENDA *et al.*, 2004), consideram a extensão lateral das zonas ripárias como equivalente aos limites da planície de inundação (ZÁKIA, 1998; LIMA e ZÁKIA, 2001; KOBAYAMA, 2003). Outros autores, entretanto, compreendem que as zonas ripárias podem se estender para além dos limites das planícies, seguindo pela base das encostas, quando as declividades e as condições hidrogeomorfológicas o permitirem (KOVALCHIK e CHITWOOD, 1990; NEIFF, 2005; CLERICI *et al.*, 2011).

Entretanto, não é uma tarefa fácil encontrar os indicativos adequados de identificação da extensão ripária nas porções espaciais das bases de encostas, principalmente porque estas denotam um estado transicional entre as zonas ripárias e o ecossistema de terra firme, com a progressiva tendência a este último devido à rápida mudança nas condições hidrológicas em conformidade com o aumento da declividade. Alguns pesquisadores tentam até estabelecer uma delimitação entre ambos ecossistemas tomando as mudanças na vegetação como parâmetro. Balizam-se na forte dependência da vegetação ripária por altos níveis de umidade, os quais tendem a decrescer com o distanciamento em relação ao curso d'água.

Outros autores, entretanto, indicam que o comum atrelamento das áreas ripárias com comunidades de plantas específicas ou com a enfática saturação dos solos pela água subterrânea podem ocasionar conclusões errôneas, já que se pode verificar vegetação ripária em áreas raramente inundáveis, assim como a ocorrência de espécies ripárias em ambientes de terra firme (e vice-versa) diante de diversificações vegetacionais decorrentes de variações hidrológicas, edáficas e topográficas (CURCIO *et al.*, 2006; POLVI *et al.*, 2011). Ainda conforme Anderson (2012), classificações ripárias focadas sobre associações de plantas hidrófilas são falhas perante as amplas gamas de processos ecológicos nos arranjos de comunidades na interface terra-água, e encorajam inapropriadamente um rígido delineamento de limites ripários.

Embora a vegetação seja um elemento importante nos ecossistemas ripários, integrando parte de um complexo sistema de interações junto com os solos, a água, a geologia e o relevo, cuja resultante reflete um estado de equilíbrio entre os múltiplos elementos e fatores ambientais (GREGORY *et al.*, 1989, KOLVALCHIK e CHITWOOD, 1990; KOBIYAMA, 2003; LIMA, 2008), é importante considerar a hidrologia como o elemento-chave na formação dos espaços ripários (DÖRING e TOCKNER, 2008). Neste contexto, diferenciações dentro dos espaços ripários têm bastante associação com as variações hidrológicas, as quais, por sua vez, sofrem influências das morfologias dos terrenos. Dentre os elementos de peso dentro da caracterização ripária, há uma forte indicação da maioria dos autores sobre as importâncias hidrogeológicas e hidrogeomorfológicas tanto nos canais e nas planícies, como nas vertentes adjacentes aos mesmos.

Os processos hidrológicos desencadeados ao longo de uma vertente estão associados às geometrias, constituições e estruturas desta mesma, sendo buscado nos estudos desta natureza a compreensão dos caminhos preferenciais assumidos

pelos fluxos de água na integração entre a própria vertente, os aquíferos e o canal fluvial. Robert E. Horton foi o primeiro a desenvolver nos anos 1930/40 uma teoria inter-relacionando a infiltração e o escoamento, demonstrando as suas consequências para o manejo da terra e da água, e quem conduziu os experimentos iniciais sobre estes processos (DUNNE, 1982).

Conforme Dunne (1982) e Higgins *et al.* (1988), os fluxos de água podem seguir ao menos quatro caminhos possíveis: 1) por fluxo superficial, gerado quando a intensidade da chuva excede a capacidade de infiltração do solo. Neste aspecto, Dunne (1982) explica que a ocorrência do fluxo superficial depende das características das superfícies que controlam a infiltração, dentre os mais importantes estão a vegetação e as propriedades dos solos (texturas mais grosseiras absorvem a água pluvial em taxas maiores que os solos siltosos ou argilosos). 2) por fluxo subsuperficial profundo, onde a água infiltrada percola através do solo, seguindo seu caminho descendentemente até alcançar o lençol freático, por meio do qual flui até o canal fluvial. 3) por fluxo subsuperficial raso, quando a água percolante verticalmente encontra um horizonte impeditivo e é desviada lateralmente encosta abaixo; e, 4) por fluxo de retorno, ocasionado pela emersão da água subsuperficial à superfície (perante uma face livre como barrancos ou escarpas, ou em pontos da encosta nas quais o fluxo subsuperficial encontra solos com a capacidade de saturação excedida), por onde flui em direção ao canal fluvial.

Os direcionamentos assumidos pela água tanto superficialmente como subsuperficialmente dependem também das morfologias do relevo, sendo a superfície freática uma réplica atenuada da superfície topográfica, e as formas das vertentes os indutores de comportamento dos fluxos de água. Estes últimos tendem a apresentarem um caráter dispersivo nas formas convexas, e convergente nas côncavas, encontrando-se o lençol freático mais aprofundado nas primeiras, e em maior proximidade à superfície nas segundas (HEATH, 1983; LIMA e ZÁKIA, 2001; VIDON *et al.*, 2004).

Moura e Silva (2006), baseadas na classificação geométrica dos segmentos de encostas de Hack (1965), distinguem três tipos principais de padrões de fluxos de água: linhas de fluxo divergentes nas saliências (*Nose*); paralelas nas encostas laterais (*Side Slope*); e, convergentes nas reentrâncias (*Hollow*) e nas encostas frontais (*Head Slope*). Ainda conforme as autoras, os distintos comportamentos

hidrológicos nos diferentes segmentos geométricos das vertentes refletem na distribuição da umidade ao longo das mesmas e, por conseguinte, da vegetação.

Destes fatos, tem-se uma forte tendência à formação de ambientes ripários nas topografias côncavas das vertentes às margens dos cursos d'água. Nos sopés das vertentes planas e convexas, de acordo com a elevação da declividade, a influência hidrológica da água de subsuperfície dependerá das variações no perfil do solo e das disposições hidrogeológicas.

Neste aspecto, a ocorrência de indicativos que demonstrem as condições de umidade nas bases das encostas, passíveis de associação com os ambientes ripários, podem auxiliar na questão de comprovação da extensão ripária para além dos domínios das planícies de inundação. A presença de plintita nas bases das encostas parece colaborar com esta indicação.

A plintita é uma formação constituída da mistura de argila, pobre em carbono orgânico e rica em ferro (ou ferro e alumínio), com quartzo e outros materiais, sendo a sua gênese relacionada com a mobilização, transporte e concentração de ferro no perfil do solo (MIGUEL *et al.*, 2013). A formação das plintitas está associada a áreas planas ou suavemente inclinadas onde pode ocorrer um nível freático alto e flutuante (IBÁÑEZ e COSIO, 2013), ou seja, são comuns nas bases de encostas e em planícies de inundação (geralmente ocupando posições de transição entre várzeas e o início das coxilhas), e resultam de ciclos de oscilação da umidade em profundidade (MIGUEL *et al.*, 2013). Os horizontes subsuperficiais nos quais as plintitas se formam geralmente se acham saturados durante uma parte do ano, mas podem ser bem drenados o bastante para que a água escape (THOMPSON e TROEH, 2002), o que também indica que podem estar associados à dificuldade ou à lenta drenagem da água, conferidas por camadas ou obstáculos que obstruem temporariamente o fluxo da água subterrânea.

O artigo em pauta decorre de parte da pesquisa de doutorado desenvolvido pelo autor no Programa de Pós-Graduação em Geografia da Universidade Federal do Rio Grande do Sul, e discute a possibilidade de utilização da plintita como um indicador ambiental para demarcar a extensão dos espaços ripários a partir das bases das encostas lindeiras aos corpos d'água para a bacia do rio Apuaê-Mirim, no norte do Estado do Rio Grande do Sul.

Área de estudo

A bacia do rio Apuaê-Mirim encontra-se na região norte do Estado do Rio Grande do Sul, e drena extensões de áreas dos municípios de Erechim, Getúlio Vargas, Gaurama, Viadutos e Áurea (Figura 1). O rio Apuaê-Mirim surge da confluência dos rios Toldo e Tigre, e constitui um afluente do rio Apuaê que, por sua vez, é um contribuinte do rio Uruguai.

Figura 1 - Localização da Bacia do Rio Apuaê–Mirim.



Fonte: adaptado de COSTA, 2020.

A área de estudo encontra-se sobre a Formação Serra Geral, originada por sucessivos eventos de derrames de lava Juro-Cretáceos, predominando na região as rochas efusivas básicas do tipo basálticas (características da Fácies Parapanema), mas também ocorrendo pequenas extensões de rochas ácidas riodacíticas e riolíticas (da Fácies Chapecó) na porção nordeste da bacia (CPRM, 2008).

No âmbito geomorfológico, a bacia do Apuaê-Mirim encontra-se na Região Geomorfológica do Planalto das Araucárias, abarcando superfícies das Unidades Geomorfológicas do Planalto dos Campos gerais e do Planalto Dissecado do Rio Iguaçu – Rio Uruguai (IBGE, 1986).

O clima regional é caracterizado como do tipo Cfa, conforme a classificação de Köppen, correspondente ao sub-tropical, com temperaturas do mês mais quente

(janeiro) entre 22 e 36° C, e do mês mais frio (julho), oscilando entre 3 e 18° C. A precipitação média anual é de 1.802 mm, sendo as chuvas bem distribuídas ao longo do ano, mesmo com uma pequena redução dos totais de precipitação nos meses de inverno (ERECHIM, 2011; ROSSATO, 2011).

Quanto aos solos, predominam nas superfícies culminantes do Planalto dos Campos Gerais Latossolos Bruno para Latossolos Vermelho, e Nitossolos Bruno para Nitossolos Vermelho, em relevo suave ondulado e ondulado, ao passo que nas regiões acidentadas do Planalto Dissecado Rio Iguaçu – Rio Uruguai ocorrem as associações Complexas de Cambissolo Eutrófico e Distrófico, com Neossolos Litólicos Eutróficos, e Nitossolos Bruno Eutrófico e Distrófico (IBGE, 2003).

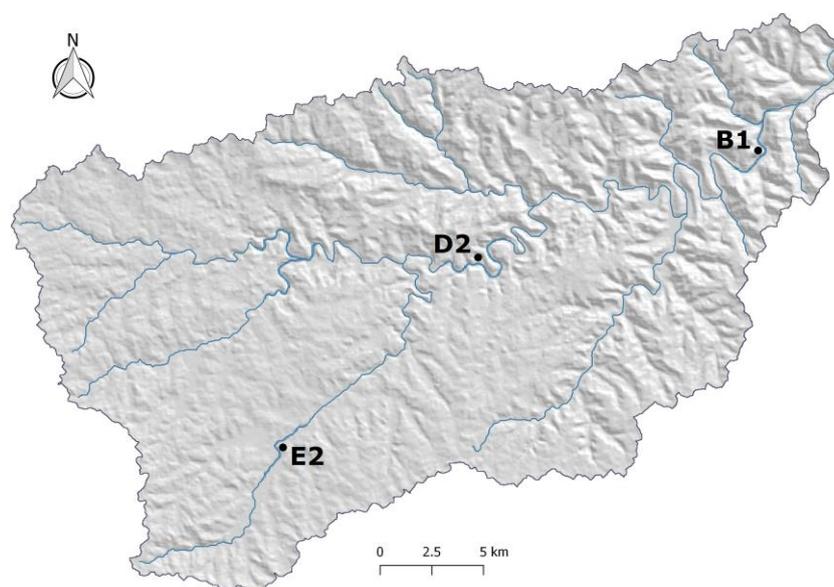
A formação vegetacional integra o Bioma da Mata Atlântica e corresponde a Floresta Ombrófila Mista, também conhecida como “Mata de Araucária ou Pinheiral”, que tipicamente cobria grande parte do Planalto Meridional brasileiro (havendo atualmente poucos remanescentes predominantemente alterados em locais de difícil acesso e em Unidades de Conservação). Das quatro tipologias de formações da Floresta Ombrófila Mista, ocorrem na área de estudo as caracteristicamente Aluviais e Montanas (IBGE, 1991; SONEGO *et al.*, 2007).

Procedimentos e técnicas

No desenvolvimento da pesquisa foram realizadas escavações e observações em seis trechos de rios selecionados dentro da bacia, totalizando nove pontos amostrais situados em áreas de planícies e de bases de encostas. Nas áreas de planície, o nível freático encontra-se mais próximo à superfície, e foram consideradas no estudo como espaços naturalmente ripários. Nas bases das encostas é que se buscou constatar a transição destes ecossistemas para os de terra firme, considerando os modelados de fundo de vale dos tipos “planície–encosta” e “rio–encosta”, sendo encontrados nos primeiros as condições hidrológicas favoráveis à formação de plintitas, visto que nos últimos a declividade mais acentuada e os solos mais rasos (Neossolos) conduzem à uma celeridade dos fluxos de água em direção ao canal fluvial. Para as discussões do presente artigo, foram utilizados apenas os três pontos situados nas bases de encostas no contato com as planícies, onde foram encontradas formações de plintitas.

Assim, os pontos de coletas de amostras dos solos (B1, D2 e E2) ocorreram no terço inferior das encostas, próximos às margens de três trechos de rio da bacia do Apuaê-Mirim (onde os modelados dos fundos de vales são do tipo vertente-planície), conforme apresentado na Figura 2, ocorrendo por perfurações de poços com o uso de um trado holandês. Objetivando estimar a espessura do solo não saturado, as perfurações deram-se até a interceptação do nível freático ou até o contato lítico.

Figura 2 - Localização dos pontos amostrais dentro da Bacia do Rio Apuaê-Mirim.



Fonte: adaptado de COSTA, 2020.

As amostras foram obtidas em profundidades diferentes ao longo do perfil, buscando estabelecer diferenciações entre os horizontes. Aquelas mesmas foram encaminhadas para a análise física no Laboratório de Análises de Solo e Água da Universidade Regional Integrada do Alto Uruguai e das Missões (URI), no *Campus* de Erechim/RS. O método utilizado foi o do Densímetro, com os resultados expressos no material seco a 45°, sendo dispostos em porcentagens de argila, areia (areia grossa e areia fina) e silte. A classificação do solo presente nos laudos de análise laboratorial foi tomada da Instrução Normativa Nº 02, de 9 de outubro de 2008, do Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento, assim estabelecida: solos tipo 1 (textura arenosa), solos tipo 2 (textura média), e solos tipo 3 (textura argilosa).

Diante das análises granulométricas obtidas em laboratório, também foram definidas as classes texturais dos solos (que traduzem as diferentes combinações

de areia, silte e argila) de acordo com o triângulo textural do Sistema Americano (com modificações no Brasil para a classe muito argilosa), conforme o *Soil Survey Manual* (1959, 1993 apud LEMOS e SANTOS, 1996).

Em campo, foram realizados também trabalhos de medição das distâncias das bordas dos canais dos rios até os pontos amostrais, e de levantamentos das respectivas declividades ao longo daqueles trajetos. As distâncias foram medidas com o uso de uma trena (sendo medidas também as larguras e as profundidades dos canais nos trechos de rios), e os valores de declividade foram obtidos pelo emprego de um clinômetro digital para *Android* (aplicativo Dioptre) e uma haste de 2,0 m.

No contexto da dinâmica hidrológica integrada às características dos solos, foram considerados na análise em pauta aspectos hidrogeomorfológicos abarcando os direcionamentos e intensidades dos fluxos de água superficiais e subsuperficiais de acordo com as formas, extensões e declividades das encostas.

Buscando ainda compreender os caminhos preferenciais assumidos pelos fluxos de água na integração entre a vertente, os aquíferos e o canal fluvial, também foram observados nas análises a inter-relação entre infiltração e escoamento proposto pela teoria hortoniana, e o modelo hidrológico apresentado por Dunne (1982) e Higgins *et al.* (1988). Da mesma forma, foram consideradas nas elucidações as morfologias das vertentes no que tange as geometrias e as declividades, influentes nos direcionamentos dos fluxos de água (superficiais e subsuperficiais) e nos processos hidrogeomorfológicos.

Uma vez que a natureza dos tipos de usos e coberturas das terras influenciam no comportamento hidrológico das encostas, este aspecto também foi considerado na observação dos pontos amostrais, sendo indicado por: vegetação, antrópica agrícola e antrópica não agrícola.

Resultados e discussões

As especificações das variações texturais dos solos para os pontos amostrais considerados (B1, D2 e E2), identificadas a partir das análises laboratoriais, são apresentadas na Tabela 1.

Tabela 1 – Características texturais dos solos por faixas de profundidades.

Ponto	Profundidade (cm)	Argila (%)	Areia grossa + areia fina (%)	Silte (%)	Tipo de solo (I.N. N° 02/08, MAPA)	Classe textural (LEMOS e SANTOS, 1996)
B1	20-30	24	28	48	2 (Solos de textura média)	Franca
	50-90	16	51	33	2 (Solos de textura média)	Franca
D2	0-20	28	16	56	2 (Solos de textura média)	Francoargilosiltosa
	50-60	59	14	27	3 (Solos de textura argilosa)	Argila
	80	76	6	18	3 (Solos de textura argilosa)	Muito argilosa
E2	40-60	27	15	58	2 (Solos de textura média)	Francoargilosiltosa

Fonte: Adaptado de COSTA, 2020.

Em um contexto mais amplo, abarcando aspectos relativos à incisão dos canais fluviais, às formas das vertentes, e às tipologias de usos e coberturas das terras, tem-se a caracterização ambiental dos pontos amostrais indicada na Tabela 2.

Tabela 2 – Características gerais dos pontos amostrais relativas aos canais, às vertentes e aos solos.

Ponto	Prof. do canal (m)	Forma da base da vertente	Profundidade do solo e pedregosidade	Declividade (no ponto)	Uso da terra	Varição textural do solo
B1	1,5	Convexidade	100 cm; não pedregoso	8,8%	Agrícola	Franca
D2	1,4 a 1,7	Concavidade	100 cm; muito pedregoso	14 a 15%	Vegetação (floresta)	Francoargilosiltosa a Muito Argilosa
E2	< 1	Concavidade	105 cm; não pedregoso	14,6%	Agrícola (pasto)	Francoargilosiltosa

Fonte: Baseado em COSTA, 2020.

Os vales nos quais se encontram os pontos amostrais constituem ambientes de dissecação fluvial regido pelo sistema de drenagem do rio Uruguai, do qual o rio Apuaê-Mirim faz parte. Os pontos B1 e D2 encontram-se em vales mais incisivos, em bases de encostas que circundam planícies aluviais alveolares do baixo e médio curso (respectivamente) do rio Apuaê-Mirim, situados no Planalto Dissecado dos Rios Iguaçu-Uruguai, ao passo que o ponto E2 no alto curso, às margens do rio Toldo, apresenta-se adjacente a uma planície fluvial um pouco mais larga que as

anteriores, em um ambiente de baixa dissecação, onde predominam os relevos suave ondulados do Planalto dos Campos Gerais.

A esculturação do relevo regional dá-se sobre os litotipos da Formação Serra Geral, caracterizados na área de estudo predominantemente pelas variedades de basaltos. No âmbito dos processos pedogenéticos, tal litologia pode demonstrar correspondência com a formação da plintita, uma vez que, segundo Ibáñez e Cosio (2013), esta ocorre mais comumente nos mantos de intemperismo derivados de rochas básicas, ricas em minerais ferromagnesianos.

Os três pontos demonstram solos pouco profundos (>50 cm e ≤ 100 cm) a profundos (>100 cm e ≤ 200 cm), com médias oscilando próximo aos 100 cm, e apresentam a ocorrência de plintitas a partir de profundidades diferentes: em B1, ocorre a partir dos 80 cm; em D2 entre os 50 e 60 cm; e, em E2 ocorre aos 80 cm.

Com base nestas indicações, tomou-se as limitações dos ecossistemas ripários em relação aos de terra firme a partir da ocorrência de plintitas nas bases de encostas. As discussões abaixo delineadas buscaram explicar como as variações ambientais encontradas nas bases das encostas refletem diferenças nas formações de plintitas e, por conseguinte, nas amplitudes dos ambientes ripários nos pontos amostrais tomados para a bacia do rio Apuaê-Mirim.

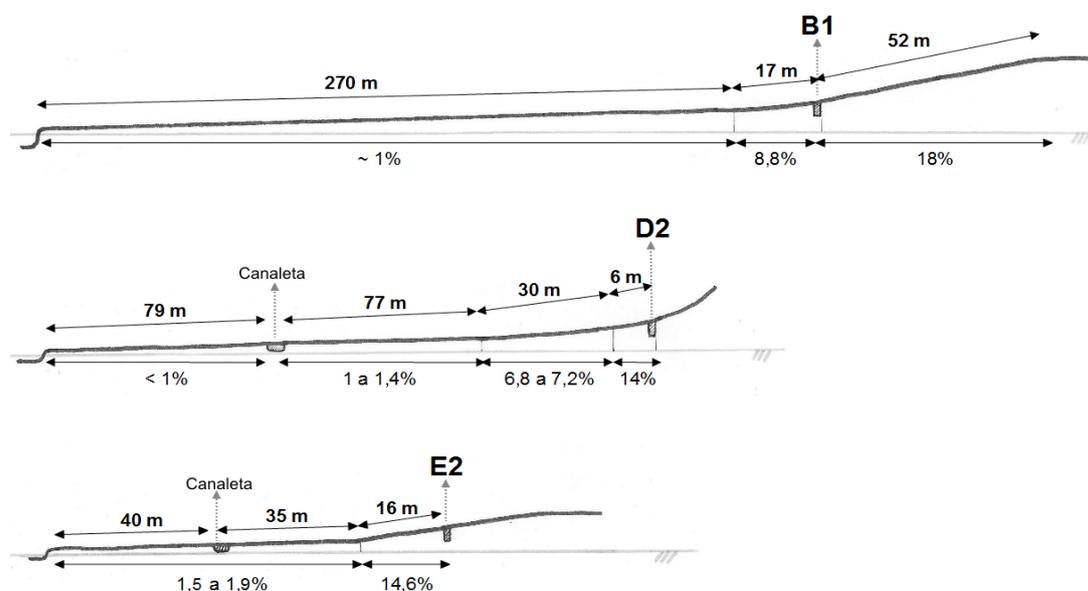
Deve-se considerar, entretanto, que a limitação específica e precisa entre os espaços ripários e de terra firme não é algo facilmente constatável, até porque aquela não se dá de forma imediata, e sim dentro de um contexto transicional, cujos níveis de mudança ecossistêmica processam-se sob a influência da relação entre a hidrologia de subsuperfície e a declividade, nas imediações dos corpos d'água.

Entrementes, é possível prever o espaço transicional entre os ecossistemas ripários e de terra firme, definidos a partir dos fatores ambientais que regulam as mudanças graduais entre os mesmos, que no caso em pauta, estariam mais associados ao distanciamento da água subsuperficial dadas por elementos topográficos (mais especificamente ao aumento da declividade). Estes espaços de transição funcionariam como zonas tampão entre os ecossistemas, e, por conseguinte, como delimitantes para os mesmos.

Na área de estudo, os pontos B1, D2 e E2 estão associados a esta situação, encontrando-se à base de encostas, no contato com planícies de inundação, em condições transitórias nos aspectos hidrogeomorfológicos entre as influências ripárias e de terra firme (Figura 3), mas apresentando distinções constitutivas que decorrem de gêneses e processos inerentes aos vales onde se encontram.

Nestas condições, a questão relativa à presença de plintita é importante, e pode funcionar como um indicador das condições hidrológicas do solo, remetendo a um ambiente propício ao desenvolvimento das espécies ripárias.

Figura 3 – Croqui representando os perfis transversais dos trechos que abrangem os pontos B1, D2 e E2, com as indicações das posições dos mesmos, das medidas envolvidas (entre elementos das planícies, a partir do canal fluvial, e das bases de vertentes), e das declividades associadas.



Fonte: COSTA, 2020.

Nos pontos amostrais, as perfurações ocorreram até o alcance com um contato lítico. Como o lençol freático não foi interceptado em qualquer dos pontos perfurados, foi aventada a hipótese de que o nível daquele primeiro se encontre abaixo do substrato rochoso fragmentário, permeando os interstícios deste. Embora Sen (2015) descreva uma tendência da água fluir mais facilmente por entre fraturas de rochas, Jesus *et al.* (2015) expõem que os produtos do intemperismo podem preencher as fraturas, atenuando o efeito de aumento na permeabilidade gerada pela abertura das fraturas.

Portanto, a baixa percolação da água em condições de pouca porosidade no nível de contato do solo com a rocha fraturada pode resultar em um maior tempo na transferência do volume de água entre os meios, sendo que, nos eventos de intensas precipitações, devido à diminuta condutividade hidráulica vertical conferida por esta zona de contato, e ao aumento da água armazenada na camada a ela sobreposta, é possível que seja atingido o ponto de saturação naquela profundidade, e que se inicie o fluxo subsuperficial raso descrito por Dunne (1982).

Infelizmente, para melhor elucidação dos processos hidrológicos ocorrentes nesta interface (solo-rocha), Jesus *et al.* (2015) enfatizam a aparente inexistência de informações sobre avaliações quantitativas do fluxo em maciços intemperizados, uma vez que os estudos hidrogeológicos raramente consideram o efeito das camadas de intemperismo superficiais no fluxo de água subterrâneas.

Desta forma, a ocorrência de períodos temporários de umidade em subsuperfície para os solos dos pontos B1, D2 e E2 parecem estar associados mais à situação descrita, sendo menos provável a hipótese de ascensão do lençol freático por entre as fissuras do substrato rochoso, motivada pela alimentação das águas subterrâneas nos eventos de precipitação.

Para os solos nos referidos pontos amostrais, a diferença na profundidade de ocorrência de plintitas entre os mesmos pode decorrer, além da dinâmica hidrológica descrita, de aspectos relacionais desta com a topografia (forma geométrica e declividade das encostas), com as mudanças nos usos e coberturas das terras, e com as características texturais de cada solo.

O ponto B1 está situado sobre a rampa de menor declive em comparação aos outros dois pontos (D2 e E2), entretanto, apresenta uma das maiores profundidades de ocorrência da plintita. Entre os fatores que influem nesta situação, está a morfologia da vertente, uma vez que este ponto está sobre uma convexidade da vertente, ao passo que os demais se encontram em vertentes côncavas.

Outro fator de influência remete ao tipo de uso e cobertura da terra, considerando que tanto o ponto B1 como o E2, ambos com ocorrência de plintita em maior profundidade (a cerca de 80 cm da superfície), encontram-se em áreas antrópicas agrícolas (o primeiro em área de plantio, e o segundo em área de pasto), cujas dinâmicas hidrogeomorfológicas demonstram maior intensidade dos fluxos superficiais durante as precipitações, com redução dos volumes de infiltração das águas para o incremento dos fluxos subsuperficiais. No ponto D2, por sua vez, a cobertura do solo é de natureza florestal, e a formação das plintitas iniciam em profundidades menores, comparativamente aos outros dois pontos, mesmo considerando que as declividades das rampas para os pontos D2 e E2 são praticamente as mesmas (em torno de 14%).

O aspecto da declividade das vertentes em seus terços inferiores também é relevante devido às influências que exercem (associadas a outros fatores) no balanço entre infiltração e escoamento superficial, nas velocidades dos fluxos, e, por conseguinte, nos tipos de processos hidrogeomorfológicos e pedológicos.

Naturalmente, as faixas de declividades observadas na área de estudo refletem a intensidade dos níveis de dissecação do relevo, apresentando maiores valores nos vales de pronunciado entalhe fluvial.

Nos pontos amostrais descritos, as plintitas foram observadas nos sopés das vertentes em rampas com declividades de até 14%, aproximadamente, sempre no contato com as planícies de inundação, independente da Unidade Geomorfológica onde se encontravam. Por sua vez, outros pontos observados (não aqui relatados), situados em ambientes de alto entalhamento fluvial do Planalto Dissecado dos Rios Iguazu–Uruguai, as declividades maiores (superiores a 20% na base da encosta, alcançando até 50% em alguns pontos) em modelados de vertentes convergentes diretamente para os canais fluviais (cujas incisões superam 2 metros de profundidade da superfície do terreno até o nível da água), e com solos mais rasos, não ofertaram a possibilidade de formação da plintita, demonstrando uma drenagem mais célere ao longo da vertente, nenhuma variação hidrológica observável nas profundidades dos solos, e baixíssima influência do nível freático em relação à proximidade do rio.

Por fim, as características texturais dos solos de cada ponto também parecem influir na fluidez e movimentação da água em subsuperfície, explicando as distinções nas profundidades de ocorrência das plintitas nos respectivos perfis de solo. Nos pontos B1 e E2, os solos são de textura média, inclusas nas classes franca e franco argilo siltosa, respectivamente, demonstrando uma maior facilidade de infiltração e percolação da água, que se torna gradualmente crescente ao longo dos perfis de solo (até o contato com uma camada de reduzida condutividade hidráulica) devido ao aumento no teor de areias nas camadas inferiores, favorecendo a formação de plintitas a uma profundidade maior, em torno dos 80 cm.

Para o ponto D2, o solo de textura argilosa apresenta uma variação textural ao longo do perfil com o incremento na fração argila, passando da classe franco argilo siltosa para argila nos primeiros 60 cm, e para muito argilosa na camada inferior. Tal disposição indica uma dificuldade de percolação da água em profundidade, visto que a condutividade hidráulica decresce da superfície do solo em direção ao protólito. Isto propicia o armazenamento das águas da chuva nas camadas sobrepostas àquelas impeditivas ao fluxo até a saturação, podendo ser gerada uma zona de lençol suspenso, onde ocorre a movimentação lateral da água de acordo com o gradiente hidráulico em direção ao canal fluvial, podendo este volume fluir subsuperficialmente em sua totalidade se o solo for profundo e

permeável o suficiente (HIGGINS *et al.*, 1988). A possibilidade de ocorrência deste processo no ponto D2, diante da compatibilidade com as condições texturais presentes no perfil de solo do mesmo, explicaria a ocorrência de plintita a partir da metade da sua espessura, distinguindo-se dos demais pontos B1 e E2.

Em condições ordinárias, para precipitações regulares e de baixa intensidade, a água infiltrada percola vagorosamente ao longo do regolito, aumentando o teor de umidade nos poros (e, conseqüentemente, a condutividade hidráulica), estabelecendo um fluxo que segue descendentemente para o lençol freático, e deste para o canal fluvial (DUNNE, 1982; HIGGINS *et al.*, 1988). As condições hidrológicas estabelecidas por camadas impeditivas (por redução na condutividade hidráulica) para os pontos B1, D2 e E2, e a geração do fluxo subsuperficial raso descrito por Dunne (1982), demonstram uma permanência duradoura da água durante um grande período de tempo após as precipitações, em profundidades que podem variar de 60 a 100 cm no ponto D2, e de 80 a 100 cm nos pontos B1 e E2.

Esta configuração cria uma conectividade ecológica com os ambientes ripários, apresentando condições hidrológicas permissíveis à ocupação e permanência de espécies vegetais adaptadas à alta umidade, mas também dão os indícios da gradação destas condições em direção aos ambientes de terra firme.

Considerações finais

Os ecossistemas ripários exercem importantes funções ecológicas na interface água–terra, e diante da sua alta sensibilidade a alterações ambientais, sendo objeto de intensa transformação das atividades de natureza antrópica, carecem de eficientes mecanismos de proteção e manutenção.

Muitos estudos referentes aos seus funcionamentos e interações ambientais ainda são necessários, bem como proposições técnicas e legais com fins à identificação, à delimitação e à estipulação de normas de proteção e manejo para a salvaguarda destes ecossistemas.

Para a bacia do rio Apuaê-Mirim, a utilização da ocorrência de plintita na base das encostas como indicativo da extensão ripária e de limitação com o ecossistema de terra firme, dentro de um contexto de espaço transicional, parece atender a esta finalidade.

Ressalta-se, porém, a importância da continuidade de estudos sobre a questão, tanto ao longo da bacia analisada como também em outras bacias similares nas adjacências, visando averiguar a constância dos fatos constatados e o

reforço na confiabilidade do indicativo proposto. Da mesma forma, convém a realização de estudos desta natureza também em bacias hidrográficas inseridas em distintos contextos geológicos e geomorfológicos do território nacional no intuito de verificar a validade de sua aplicação em múltiplas realidades ambientais, expondo a amplitude de situações em que pode demonstrar adequação, bem como as tipologias de condições em que demonstrem restrições quando ao seu emprego.

REFERÊNCIAS

- ANDERSON, D. C. **How landforms and geology affect the structure of riparian areas**. 2012. 58f. Thesis (Master of Science in Land Rehabilitation) – Montana State University, Bozeman, 2012.
- ATTANASIO, C. M. et al. Método para a identificação da zona ripária: microbacia hidrográfica do Ribeirão São João (Mineiros do Tietê, SP). **Scientia Florestalis**, Piracicaba, n. 71, p. 131-140, ago. 2006.
- BENDA, L.; POFF, N. L.; MILLER, D.; DUNNE, T.; REEVES, G.; PESS, G.; POLLOCK, M. The network dynamics hypothesis: how channel networks structure riverine habitats. **BioScience**, v. 54, n. 5, p. 413-427, 2004.
- CLERICI, N.; WEISSTEINER, C. J.; PARACCHINI M. L.; STROBL, P. **Riparian zones: where green and blue networks meet – Pan European zonation modelling based on remote sensing and GIS**. Luxembourg: Publications Office of the European Union, 2011.
- COMPANHIA DE PESQUISA DE RECURSOS MINERAIS. **Mapa do Estado do Rio Grande do Sul: Geologia**. Porto Alegre, RS: CPRM, 2008. Escala 1:750.000. Disponível em: <www.cprm.gov.br/publique/media/geologia_basica/cartografia_regional/mapa_rio_grande_sul.pdf>. Acesso em: 15 jan. 2017.
- COSTA, J. M. L. M. **A importância da geomorfologia nos estudos ripários: Estudo de caso da bacia do rio Apuaê-Mirim, norte do Estado do Rio Grande do Sul**. 2020. 208 f. Tese (Doutorado em Geografia) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2020.
- CURCIO, G. R.; UHLMANN, A.; SEVEGNANI, L. **A geopedologia e sua influência sobre espécies arbóreas de florestas fluviais**. Colombo: Embrapa Florestas, 2006. (Embrapa Florestas: Documentos, 135).
- DÖRING; TOCKNER. Morphology an dynamics of riparian zones. *In*: ARIZPE, Daniel; MENDES, Ana; RABAÇA, João E. (ed.) **Sustainable riparian zones: a manegement guide**. [s.l.]: Generalitat Valenciana, 2008. p. 24-29.
- DUNNE, Thomas. Models of runoff processes and their significance. *In*: National Research Council. **Scientific basis of water resource management**. Washington: National Academy Press, 1982. p. 17-30. (Series Studies in Geophysics)
- ERECHIM. **Plano Ambiental Municipal**. Erechim: [s.n.], 2011.
- GREGORY, Stanley V.; LAMBERTI, Gary A.; MOORE, Kelly M. S. Influence of valley floor landforms on stream ecosystems. *In*: **Proceedings of the California riparian systems**

conference: protection, management and restoration for the 1990's. Berkeley: USDA Forest Service, 1989. (General Technical Report PSW – 110).

HEATH, Ralph C. **Basic ground-water hydrology**. North Carolina: U.S. Geological Survey, 1983.

HIGGINS, C. G.; COATES, D. R.; BAKER, V. R.; DIETRICH, W. E.; DUNNE, T.; NORRIS, R. M.; KELLER, E. A.; PARKER, G. G.; PAVICH, M.; PÉWÉ, T. L.; ROBB, J. M.; ROGERS, J. D.; SLOAN, C. E. Landform development. *In: The geology of North America:* Hydrogeology. Boulder: The Geological Society of America, 1988. p. 383-400. (v. O2)

IBÁÑEZ, Juan Jose; COSIO, Francisco Javier M. **Plintosoles:** suelos con plintita. Jun. 2013. Disponível em: <<http://www.madrimasd.org/blogs/universo/2013/06/17/143891>>. Acesso em: 04 fev. 2019.

Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Folha SH.22 Porto Alegre e parte das Folhas SH.21 Uruguaiana e SI.22 Lagoa Mirim:** geologia, geomorfologia, pedologia, vegetação, uso potencial da terra. Rio de Janeiro: IBGE, 1986. (Projeto RADAMBRASIL)

Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Manual técnico da vegetação brasileira**. Rio de Janeiro: IBGE, 1991.

Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Folhas Erechim/Lajes:** Solos, 2003. Escala 1:250.000. Disponível em: <https://downloads.ibge.gov.br/downloads_geociencias.htm>. Acesso em: 21 set. 2017.

JESUS, Andrelisa S.; OLIVEIRA, Maria C.; LIMA, Cláudia V.; CARVAJAL, H. E. M.; MONSALVE, Gaspar; LONDOÑO, Rubén D.; CARVALHO, José C. Influência de aspectos geológicos, hidrogeológicos, geomorfológicos e da cobertura vegetal no estado de saturação do solo. *In: CARVALHO, J. C.; GITIRANA JÚNIOR, G. F. N.; MACHADO, S. L.; MASCARENHAS, M. M. A.; SILVA FILHO, F. C. (org.). Solos não saturados no contexto geotécnico*. São Paulo: Associação Brasileira de Mecânica dos Solos e Engenharia Geotécnica, 2015.

KOBIYAMA, Masato. Conceitos de zona ripária e seus aspectos geobiohidrológicos. *In: Seminário de Hidrologia Florestal: Zonas Ripárias, 1, 2003, Alfredo Wagner. Anais [...]*. Alfredo Wagner: UFSC. p. 01-13.

KOVALCHIK, B. L.; CHITWOOD, L. A. Use of geomorphology in the classification of riparian plant associations in mountainous landscapes of Central Oregon, USA. **Forest Ecology and Management**, n. 33/34, p. 405-418, 1990.

LEMOS, Raimundo C.; SANTOS, Raphael D. **Manual de descrição e coleta de solo no campo**. 3 ed. Campinas: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 1996.

LIMA, W. P. **Hidrologia florestal aplicada ao manejo de bacias hidrográficas**. 2 ed. Piracicaba: USP, 2008.

LIMA, W. P.; ZÁKIA, M. J. B. Hidrologia de matas ciliares. *In: RODRIGUES, R. R.; LEITÃO-FILHO, H. F. (org) Matas ciliares: conservação e recuperação*. 2 ed. São Paulo: FAPESP, 2001. p. 33-44.

MIGUEL, Pablo; DALMOLIN, Ricardo S. D.; PEDRON, Fabrício de A.; FINK, Jessé R.; MOURA-BUENO, Jean M. Caracterização de plintitas e petroplintitas em solos da Depressão Central do Rio Grande do Sul. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 43, n. 6, p. 999-1005, jun. 2013.

MOMOLI, Renata Santos. **Caracterização espacial dos sedimentos depositados numa zona ripária reflorestada**. 2006. 107 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) - Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2006.

MOURA, Josilda Rodrigues da Silva; SILVA, Telma Mendes da. Complexo de rampas de colúvio. *In*: GUERRA, A. J. T.; CUNHA, S. B. (org.). **Geomorfologia do Brasil**. 4 ed. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2006.

NEIFF, Juan J. Bosques fluviales de la Cuenca del Paraná. *In*: ARTURI, M. F.; FRANGI, J. L.; GOYA, J. F. (org). **Ecología y manejo de los bosques de Argentina**. La Plata: EDULP, 2005.

NEIFF, Juan J. Planícies de inundação são ecótonos? *In*: HENRY, R. (org) **Ecótonos nas interfaces dos ecossistemas aquáticos**. São Carlos: RIMA, 2003.

MULLER, E. Mapping riparian vegetation along rivers: old concepts and new methods. **Aquatic Botany**, n. 58, p. 411-437, 1997.

POLVI, Lina E.; WOHL, Ellen E.; MERRITT, David M. Geomorphic and process domain control on riparian zones in the Colorado Front Range. **Geomorphology**, n. 125, p. 504-516, 2011.

ROSSATO, M. Suertegaray. **Os climas do Rio Grande do Sul: variabilidade, tendências e tipologia**. 2011, 253 f. Tese (Doutorado em Geografia) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2011.

SEN, Sekâi. **Practical and applied hydrogeology**. Oxford: Elsevier, 2015.

SONEGO, Rubia Cristina; BACKES, Albano; SOUZA, Alexandre F. Descrição da estrutura de uma Floresta Ombrófila Mista, RS, Brasil, utilizando estimadores não-paramétricos de riqueza e rarefação de amostras. **Acta Botanica Brasilica**. v. 21, n. 4, p. 943-955, dez. 2007.

THOMPSON, Louis M.; TROEH, Frederick, R. **Los suelos y su fertilidad**. 4 ed. Barcelona: Editorial Reverté, 2002.

VIDON, Philippe G. F.; HILL, Alan R. Landscape controls on the hydrology of stream riparian zones. **Journal of Hydrology**, n. 292, p. 210-228, 2004.

ZÁKIA, M. J. B. **Identificação e caracterização da zona ripária em uma microbacia experimental**: implicações no manejo de bacias hidrográficas e na recomposição de florestas. 1998. 100 f. Tese (Doutorado em Ciências da Engenharia Ambiental) – Universidade de São Paulo, São Carlos, 1998.

NOTAS DE AUTOR

CONTRIBUIÇÃO DE AUTORIA

José Mario Leal Martins Costa - Concepção. Coleta de dados, Análise de dados, Elaboração do manuscrito, revisão e aprovação da versão final do trabalho.

FINANCIAMENTO

Não se aplica.

CONSENTIMENTO DE USO DE IMAGEM

Não se aplica.

APROVAÇÃO DE COMITÊ DE ÉTICA EM PESQUISA

Não se aplica.

CONFLITO DE INTERESSES

Não há conflito de interesses.

LICENÇA DE USO

Este artigo está licenciado sob a [Licença Creative Commons CC-BY](#). Com essa licença você pode compartilhar, adaptar, criar para qualquer fim, desde que atribua a autoria da obra.

HISTÓRICO

Recebido em: 28-05-2021

Aprovado em: 22-02-2022