



**ESTABILIDADE DE CANAIS FLUVIAIS EM TORNO DE PONTES E BUEIROS NA BACIA HIDROGRÁFICA DO  
PARANÁ III, OESTE DO PARANÁ**

*EVALUATION OF THE CHANNEL STABILITY IN BRIDGES AND CULVERTS IN PARANÁ III WATERSHED,  
WESTERN PARANÁ STATE, BRAZIL*

Leandro Neri Bortoluzzi<sup>1</sup>, Oscar Vicente Quinonez Fernandez<sup>2</sup>

**RESUMO**

As obras de engenharia como pontes, pontilhões e bueiros acarretam mudanças nos processos fluviais que afetam o equilíbrio morfodinâmico e a estabilidade dos canais. O presente trabalho se propõe avaliar o nível de estabilidade dos canais fluviais em torno das citadas obras de engenharia na bacia hidrográfica do Paraná III situada na região Oeste do Estado do Paraná, adotando a metodologia da FHWA (2006). A área da bacia é de 7.979,4 km<sup>2</sup> e nela predominam rochas basálticas da Formação Serra Geral (Cretáceo) que integram o Terceiro Planalto Paranaense. O nível de estabilidade do canal foi analisado em torno de 46 estruturas (18 pontes, seis pontilhões, 15 bueiros celulares de concreto e sete bueiros tubulares de concreto), todas situadas em estradas federais, estaduais e municipais asfaltadas. Dentre os pontos analisados, 13 estruturas foram classificadas como de nível Excelente e 33 como de nível Bom. Em torno das pontes e pontilhões o número de canais com níveis Excelente e Bom foram iguais, enquanto que nos bueiros predominaram amplamente os níveis Bom, mostrando que as primeiras estruturas criaram menos impactos nos canais fluviais do que os bueiros. Não foi registrado nenhuma estrutura com estabilidade Regular ou Pobre. O predomínio de altos níveis de estabilidade é creditado ao afloramento do substrato basáltico no leito e a baixa erodibilidade dos solos das margens (Nitossolos e Neossolos) conferindo maior estabilidade ao canal.

**PALAVRAS-CHAVE:** Dispositivo de transposição de talvegue; Enchente; Planalto basáltico; Erosão fluvial.

**ABSTRACT**

The bridges and culverts alter the natural conditions of rivers, causing changes in fluvial processes. The level of stability of river banks and beds around crossing structures was evaluated in the Paraná III watershed, Western region of Paraná State (Brazil), adopting the methodology of FHWA (2006). A watershed has an area of 7,979.4 Km<sup>2</sup> and it predominantly basaltic rocks of the Serra Geral Formation (Cretaceous) that make up the basalt plateau with altitudes ranging between 220 and 725 m. The degree of channel stability was analyzed at 46 structures (18 bridges, 15 culverts box, 7 culverts pipe and 6 small bridges). We selected all crossings structures located in the Paraná III watershed along paved roads, positioned outside the urban area. Among the crossings structure, 13 were classified as excellent level of stability and 33 as good level. It was not registered any points with regular or poor stability. The prevalence of high levels of stability is credited to the outcrop of basalt substrate in bed and the low erodibility of the banks soils (Oxisols and Ultisols) providing greater stability to the channel in the vicinity of the structures.

**KEY-WORDS:** Stream crossings structures, Flood; Basalt plateau, Fluvial erosion.

Recebido em: 01/02/2016

Aceito em: 08/02/2017

---

<sup>1</sup> Secretaria de Estado da Educação do Paraná - Núcleo de Educação de Foz do Iguaçu - Foz do Iguaçu/PR,, Foz do Iguaçu/PR, e-mail: bortoluzzi\_@hotmail.com

<sup>2</sup> Universidade Estadual do Oeste do Paraná, Marechal Cândido Rondon/PR, e-mail: oscar.fernandez@unioeste.br

## ESTABILIDADE DE CANAIS FLUVIAIS EM TORNO DE PONTES E BUEIROS NA BACIA HIDROGRÁFICA DO PARANÁ III, OESTE DO PARANÁ

### 1.INTRODUÇÃO

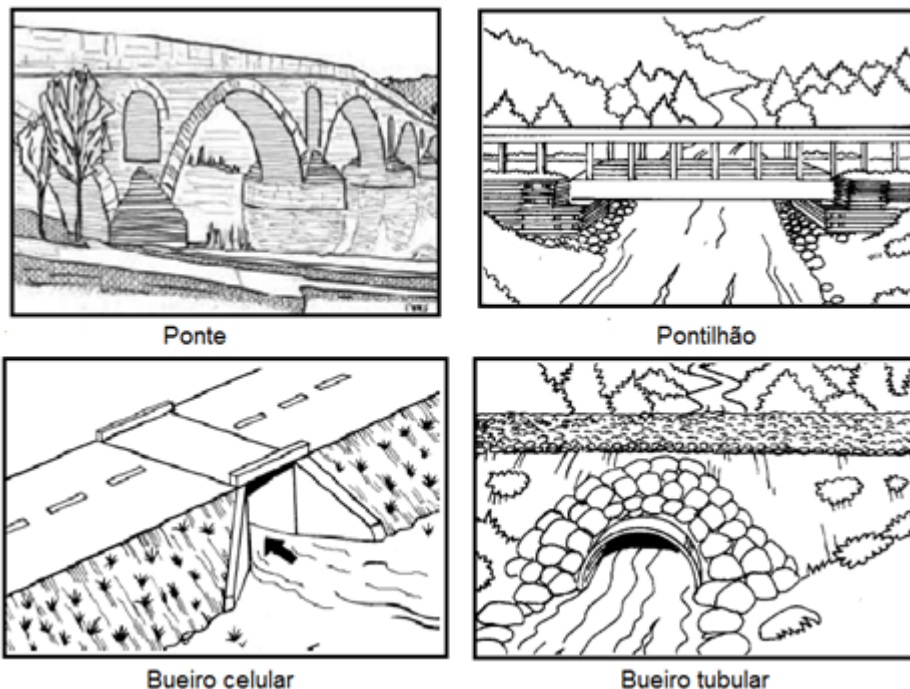
A estabilidade do canal fluvial é um tema amplamente discutido na Geomorfologia, sendo propostos vários conceitos e classificações (DOLLAR e ROWNTREE, 1995; SIMON e DOWNS, 1995; THORNE et al., 1996 entre outros). De modo geral, um canal fluvial estável é caracterizado por possuir mata ciliar saudável, margens baixas e planície aluvial ativa inundada periodicamente por vazões de margens plenas. Por outro lado, um curso fluvial instável é caracterizado por apresentar canal entalhado, vegetação ciliar pobre ou inexistente, margens altas e verticais, que são suscetíveis a solapamentos e impedem a inundação periódica da planície aluvial (FHWA, 2006).

A instabilidade do canal fluvial num determinado trecho é criada por impactos ambientais naturais e/ou antrópicos. A construção de pontes e bueiros pode ser considerada um elemento que introduz alterações na dinâmica do fluxo, afetando os processos erosivos e deposicionais. Estas

mudanças provocam impactos ecológicos (diminuição da conectividade hidrodinâmica e biológica), geomorfológicos (erosão da margem e leito, assoreamento do leito à montante, acúmulo de detritos lenhosos) e estruturais (erosão do aterro de acesso à ponte, erosão da base dos pilares das pontes) (JONES et al. 2000; JACKSON, 2003; FORMAN et al. 2003; GARCIA MOLINOS et al., 2005; FREI, 2006). A intensificação dos impactos geomorfológicos e estruturais pode causar a destruição de pontes e bueiros e os aterros de cabeceira.

Os impactos supracitados podem ser incrementados pela combinação de fatores como: dimensionamento inadequado de projetos de pontes e bueiros (ANA, 2004), eventos chuvosos extremos (DIAS, 2014), características morfométricas da bacia hidrográfica (TONELLO et al., 2006) e uso/ocupação da cobertura do solo na bacia (TUCCI e CLARKE, 1997; POMPÊO, 2000).

Os tipos de pontes e bueiros, também denominados de dispositivos de transposição de talvegue, são ilustrados na Figura 1.



**Figura 01** - Representação artística de ponte, pontilhão, bueiro celular e bueiro tubular (Fonte: Ponte <http://victoryepes.blogs.upv.es/files/2012/05/Puente-la-Reina.jpg>.; as outras estruturas foram adaptadas de Ontario Ministry of Natural Resources, 1988).

## ESTABILIDADE DE CANAIS FLUVIAIS EM TORNO DE PONTES E BUEIROS NA BACIA HIDROGRÁFICA DO PARANÁ III, OESTE DO PARANÁ

É denominada ponte toda obra elevada destinada a vencer obstáculos como rios, braços de mar, vales, que impeçam a continuidade física de uma estrada. Se o comprimento total do dispositivo for inferior a 10 m, a estrutura é chamada de pontilhão. Quando o obstáculo a ser vencido não é constituído por água, a obra é classificada como viaduto (GOMES, 2006). Os bueiros são dispositivos de menores dimensões instalados em pequenos cursos d'água que drenam bacias de 1ª ou 2ª ordem. Estas estruturas são classificadas, de acordo com a forma em: bueiros tubulares quando a seção transversal do mesmo for circular e, bueiros celulares quando a seção representa um quadrado ou um retângulo (MIRANDA e MACEDO, 2010).

As precipitações extremas geram enchentes que podem afetar a integridade física de pontes e bueiros. A seguir são citados eventos chuvosos que nos últimos anos ganharam destaque pelo seu papel destrutivo sobre as infraestruturas viárias. As enchentes ocorridas

nos estados de Pernambuco e Alagoas em junho de 2010 (SODRÉ; SOUZA FILHO, 2013) provocaram a destruição de dezenas de pontes (Figura 2A). A região serrana do estado do Rio de Janeiro também sofreu fortes precipitações em janeiro de 2011, ocasionando desmoronamentos, destruição de infraestruturas urbana e rural e perda de quase mil vidas humanas (LIMA; DIAS, 2013). Também em 2011, o litoral paranaense foi afetado por inundações e deslizamentos que produziram graves prejuízos às obras viárias (ESTEVES, 2015). Os meios midiáticos também noticiaram a ocorrência de períodos com fortes precipitações na região sul do Brasil em 2014 e no final de 2015 e início de 2016 associadas ao fenômeno El Niño (KOGAN; GUO, 2017) que destruíram parcial ou totalmente inúmeros dispositivos de transposição de talvegue (Figura 2B).



**Figura 02** - Exemplos de pontes afetadas pelas enchentes. A) Destruição total da ponte da cidade de Palmares (PE) em 2010 (Fonte: os autores). B) Destruição da cabeceira da ponte sobre o rio Pirapó na PR-317 entre Maringá e Iguaraçu, norte do Paraná (Fonte: jornal O Diário, Maringá, 19/01/2016).

A vulnerabilidade de pontes e bueiros frente aos eventos chuvosos extremos mostra a necessidade de conhecer o potencial de instabilidade do canal fluvial em torno de cada estrutura de transposição. Para tanto, uma campanha de coleta de dados é vital para fornecer informações básicas sobre as condições dos canais fluviais nas adjacências de pontes e bueiros. O presente trabalho trata sobre o

levantamento e análise de dados morfológicos, hidrodinâmicos e sedimentológicos nas adjacências de pontes e bueiros na bacia hidrográfica do Paraná III situada na região Oeste do Estado do Paraná (Figura 3), adotando o protocolo de avaliação rápida proposto por FHWA (2006). É oportuno destacar que este trabalho constitui uma reavaliação da dissertação do primeiro autor (BORTOLUZZI, 2012).

**ESTABILIDADE DE CANAIS FLUVIAIS EM TORNO DE PONTES E BUEIROS NA BACIA HIDROGRÁFICA DO PARANÁ III, OESTE DO PARANÁ**

A bacia hidrográfica do Paraná III possui 7.979,4 km<sup>2</sup> (SEMA, 2013) e é composta por rios que drenam para o lago da Hidrelétrica Binacional de Itaipu. Na região afloram rochas vulcânicas basálticas da formação Serra Geral de idade cretácea (NARDY et al., 2002), inseridas na unidade morfoescultural denominada Terceiro Planalto Paranaense (MAACK, 2012), cujo relevo regional é caracterizado por um grau de dissecação média e alta, topos alongados com cristas e, vertentes convexas e retilíneas (SANTOS et al., 2006). A evolução da citada unidade está relacionada com o levantamento epirogenético da Plataforma Sulamericana ocorrida desde o Cretáceo Superior até o limite Paleógeno-Neógeno (FRANCO-MAGALHÃES et al., 2010) que soergueu toda a região até altitudes superiores a 1000 m na parte centro-sul do estado, submetendo a área de estudo a um contínuo processo de dissecação.

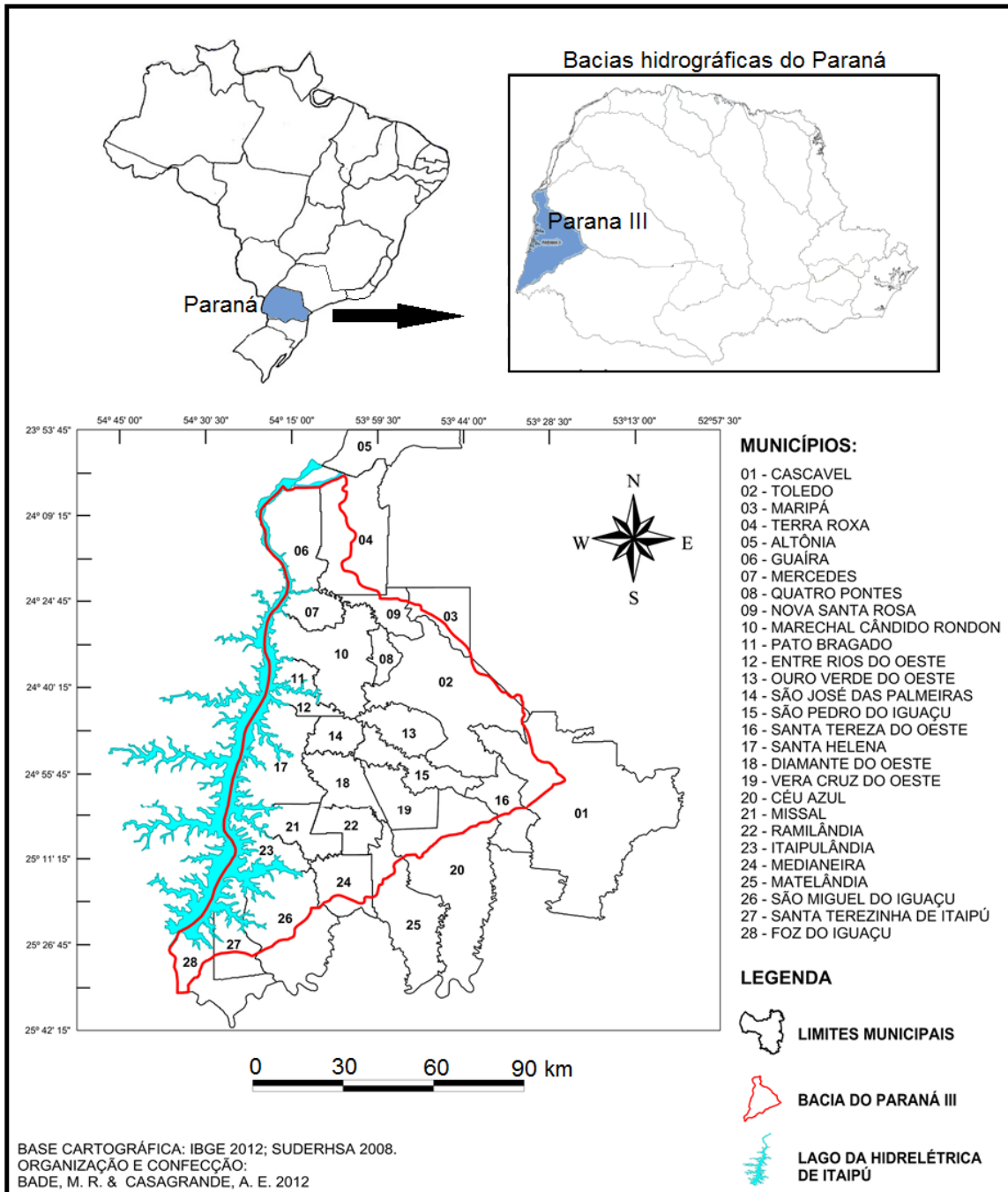
Quanto aos solos, na Bacia do Paraná III predominam os Latossolos Vermelhos nos setores de alta vertente e as classes Nitossolos Vermelhos, Cambissolos e Neossolos na baixa

vertente e no fundo de vale (EMBRAPA, 2007; ROCHA et al., 2012, MAGALHÃES et al., 2014). O clima da região é do tipo Cfa (Classificação de Köppen), clima subtropical mesotérmico de verões quentes, geadas pouco frequentes, maior precipitação no verão e sem estação seca definida (IAPAR, 1994). A temperatura média anual varia entre 20 e 23°C, com precipitação média entre 1400 a 2000 mm anuais (IAPAR, 1994).

## **2. MATERIAIS E MÉTODOS**

O presente estudo adota o protocolo de avaliação proposto pela FHWA (2006) para definir o nível de estabilidade do canal fluvial em trechos adjacentes a pontes, pontilhões e bueiros. Esta proposta foi aplicada em 14 regiões fisiográficas dos Estados Unidos da América abarcando diversas condições geológicas, geomorfológicas e climáticas. Esta metodologia foi adotada neste trabalho pela possibilidade de sua aplicação em ambientes com diferentes condições morfoclimáticas.

**ESTABILIDADE DE CANAIS FLUVIAIS EM TORNO DE PONTES E BUEIROS NA BACIA HIDROGRÁFICA DO PARANÁ III, OESTE DO PARANÁ**



**Figura 03** - Localização da bacia hidrográfica do Paraná III no Oeste do Estado do Paraná (Fonte: BADE, 2014).

O primeiro passo neste protocolo consiste no levantamento expedito das características da bacia hidrográfica e da planície de inundação, assim como a descrição morfológica e sedimentológica do leito e das margens em torno da estrutura de transposição, utilizando o formulário elaborado pela FHWA (2006, p. 78-80), para vistoria de pontes e bueiros, a partir do formulário originalmente

organizado por Thorne (1998). O tempo de execução do levantamento varia de 30 a 60 minutos, dependendo do tipo da estrutura e na facilidade de acesso ao canal fluvial.

As pontes, pontilhões e bueiros selecionados neste estudo correspondem somente às estruturas localizadas em estradas federais, estaduais e municipais asfaltadas que atravessam a bacia hidrográfica do Paraná III (3

**ESTABILIDADE DE CANAIS FLUVIAIS EM TORNO DE PONTES E BUEIROS NA BACIA HIDROGRÁFICA DO PARANÁ III, OESTE DO PARANÁ**

BR's, 12 PR's e 3 estradas municipais, ver Quadro 5). A localização dos dispositivos de transposição do talvegue foi determinada através de mapas rodoviários e hidrográficos, além das imagens do Google Earth.

Os dados coletados em campo são utilizados para atribuir pontos a treze indicadores de estabilidade definidos pela FHWA (2006) (Quadro 1). Os indicadores selecionados constituem as variáveis mais utilizadas na literatura para avaliar as condições de

estabilidade de cursos fluviais. Cada indicador recebe uma pontuação enquadrada nas seguintes categorias: Excelente (1 a 3 pontos), Bom (4 a 6 pontos), Regular (7 a 9 pontos) e Pobre (10 a 12 pontos) (Quadro 1). O nível de estabilidade do canal é obtido a partir da comparação da soma total dos pontos designados aos treze indicadores em cada estrutura de transposição com as tipologias de canal de Montgomery e Buffington (1997) definidos no Quadro 2.

**Quadro 01** - Indicadores de estabilidade utilizados pela proposta de FHWA (2006).

Indicadores de estabilidade	Pontuações			
	Excelente (1-3)	Bom (4-6)	Regular (7-9)	Pobre (10-12)
1. Ocupação da bacia hidrográfica.	Bacia hidrográfica com pouca remoção da vegetação natural.	Pastagem, reflorestamento. Atividade agrícola deve ser mínima.	Atividade humana mais acentuada (mineração, agricultura). Grande parte da bacia ocupada pela urbanização.	Intensas atividades humanas (mineração, agricultura, rodovias). Intensa urbanização.
2. Regime do fluxo	Canais perenes com pouca variação temporal do fluxo.	Canais perenes com variações ocasionais do fluxo.	Canais perenes ou intermitentes com variações moderadas da vazão (área periurbana).	Canais perenes ou intermitentes com fortes variações da vazão (área urbana)
3. Padrão do canal	Canais retos a canais com baixa sinuosidade.	Canais com sinuosidade moderada.	Canais com forte meandramento.	Canais entrelaçados.
4. Grau de confinamento do canal	Planície de inundação bem desenvolvida.	Leve confinamento do canal.	Confinamento moderado.	Canal profundamente entalhado
5. Tipo de sedimento no leito (A=porcentagem aproximada de areia)	Predomínio de sedimentos rudáceos (A<20%).	Sedimentos rudáceos com 20%<A<70%.	Sedimentos rudáceos com 50<A<70%.	Predomínio de areia, A>70%.
6. Presença de barras de canal. D=declividade L/P=razão largura profundidade	Barras estáveis e vegetadas para canais com D<0,02 e L/P >12. Canais sem barra para canais com D> 0,02 e L/P<12.	Barras com pouca vegetação para canais com D<0,02 e L/P>1. Canais sem barra para canais com D>0,02 e L/P <12	Barras sem vegetação para canais com D<0,02 e L/P>12. Barras em formação para canais com D>0,02 e L/P<12.	Formação de barras com ½ da largura do canal, sem vegetação. Canais com D<0,02 e L/P>12 não apresentam barras.
7. Obstruções no canal (detritos lenhosos, revestimento das margens com pedras, enrocamento ou gabiões).	Raros ou ausentes.	Poucas obstruções.	Obstruções com frequência moderada causando erosão marginal moderada.	Obstruções frequentes causando desvio do fluxo em direção às margens e forte erosão.
8. Textura do solo das margens	Argila a silto-argilosa.	Argila siltosa a areia argilo-siltosa.	Areia argilosa a areia siltosa.	Areia a areia siltosa.
	Margens com	Inclinação até 27°	Inclinação até 45° em	Inclinação > a 45°

**ESTABILIDADE DE CANAIS FLUVIAIS EM TORNO DE PONTES E BUEIROS NA BACIA HIDROGRÁFICA DO PARANÁ III, OESTE DO PARANÁ**

9. Inclinação da margem	inclinação < a 18° em margens arenosas ou < 45° em margens argilosas.	em margens arenosas ou até 50° em margens argilosas.	margens arenosas ou até 60° em margens argilosas.	em margens arenosas ou > a 60° em margens argilosas.
10. Largura e densidade da mata ciliar	Ampla faixa de mata ciliar, com pelo menos 90% da área coberta pela vegetação arbórea.	Faixa intermediária de mata ciliar com área coberta de 70 a 90% pela vegetação arbórea.	Faixa estreita de mata ciliar com área coberta de 50 a 70% pela vegetação arbórea.	Faixa estreita de mata ciliar com menos de 50% da área coberta pela vegetação arbórea.
11. Erosão marginal	Pouca ou nenhuma erosão em ambas as margens.	Erosão moderada em uma das margens.	Erosão moderada em ambas as margens.	Intensa erosão em ambas as margens.
12. Solapamento das margens	Nenhuma evidência.	Raros solapamentos.	Algumas evidências de solapamento.	Frequêntes solapamentos.
13. Distância entre a ponte ou bueiro e o meandro mais próximo à montante.	Distância maior que 35 m.	Distância entre 20 e 35 m.	Distância entre 10 e 19 m.	Distância menor que 10 m.

**Quadro 02** - Definição dos níveis de estabilidade do canal tendo como referencia as tipologias de canal da classificação de Montgomery e Buffington (1997). Fonte: FHWA (2006).

<b>Tipologias de canal: soleira-depressão, leito plano, dunas/ondulações e trechos canalizados.</b>	
<b>Nível de estabilidade</b>	<b>Pontuação</b>
Excelente	Somatória igual ou inferior a 48 pontos
Bom	Entre 49 e 84 pontos
Regular	Entre 85 e 119 pontos
Pobre	Somatória igual ou superior a 120 pontos
<b>Tipologias de canal: cascata e degrau-depressão</b>	
<b>Nível de estabilidade</b>	<b>Pontuação</b>
Excelente	Somatória igual ou inferior a 40 pontos
Bom	Entre 41 e 69 pontos
Regular	Entre 70 e 97 pontos
Pobre	Somatória igual ou superior a 98 pontos

A classificação de Montgomery e Buffington constitui uma categorização da morfologia de leitos fluviais em bacias com forte declividade e se apóia na premissa de que o suprimento de sedimentos e a capacidade de transporte do fluxo governam a rugosidade do canal que por sua vez influencia a morfologia do leito. Esta classificação foi desenvolvida para descrever cursos aluviais em áreas montanhosas da região Noroeste dos Estados Unidos da América. Com base na declividade do leito, Montgomery e Buffington diferenciaram canais coluviais, rochosos e aluviais (Quadro 3). Nos

canais aluviais são diferenciadas cinco tipologias de leito com granulometria e condições morfológicas específicas: cascata, degrau-depressão, leito plano, soleira-depressão e dunas-ondulações. As tipologias de leito estão localizadas na bacia com a seguinte distribuição espacial: os canais coluviais estão posicionados na cabeceira (setor de área fonte de sedimentos), as tipologias cascata e degrau-depressão no trecho intermediário (setor de transporte) e, sequência soleira-depressão e dunas no trecho inferior (setor de deposição de sedimentos).

**ESTABILIDADE DE CANAIS FLUVIAIS EM TORNO DE PONTES E BUEIROS NA BACIA HIDROGRÁFICA DO PARANÁ III, OESTE DO PARANÁ**

**Quadro 03** - Descrição das tipologias de canais discriminadas pela classificação de Montgomery e Buffington (1997).

<b>Canais coluviais:</b> são compostos por canais efêmeros encontrados geralmente nas cabeceias de drenagem. Os leitos são capeados por depósitos residuais de matações e blocos. Apresentam fluxo durante curtos períodos do ano, durante e logo após fortes chuvas.	
<b>Canais com leito rochoso (<i>bedrock</i>):</b> o leito destes canais apresenta exposição do substrato rochoso, geralmente com forte declividade $>17^\circ$ ( $>0,3$ m/m) e raros depósitos de materiais aluviais.	
<b>Canais Aluviais</b>	Cascata ( <i>cascade</i> ) - declividade entre $5,7^\circ$ (0,1) a $17^\circ$ (0,3): são trechos íngremes com matações e blocos espalhados aleatoriamente; a mobilidade das partículas maiores ocorre raramente enquanto que os sedimentos finos são removidos durante os fluxos moderados; os sedimentos são fornecidos por movimentos de massa nas vertentes adjacentes.
	Degrau-depressão ( <i>step-pool</i> ) - declividade entre $1,7^\circ$ (0,03) a $5,7^\circ$ (0,1): são canais compostos por blocos e seixos organizados segundo um padrão retilíneo transversal à direção do fluxo. Os blocos formam pequenos degraus que favorecem a aparição de ressaltos hidráulicos e a conseguinte geração de depressões à jusante.
	Leito plano ( <i>plane-bed</i> ) - declividade entre $0,57^\circ$ (0,01) a $1,7^\circ$ (0,03): são canais compostos por blocos e seixos que formam leito plano com poucas ondulações e são encontrados na transição entre as áreas fonte e de transporte.
	Soleira-depressão ( <i>riffle-pool</i> ) - declividade entre $0,06^\circ$ (0,001) a $1,1^\circ$ (0,02): são leitos compostos por seixo e areia e se caracterizam por perfis longitudinais com alternância de áreas rasas (soleiras) e profundas (depressões), espaçadas entre si, de 5 a 7 vezes a largura do canal.
	Dunas-ondulações ( <i>dune-ripple</i> ) – declividade $<0,06^\circ$ ( $<0,001$ m/m): canais com baixo gradiente compostos por areia; a geometria das formas de leito depende da profundidade e da velocidade do fluxo e mudam constantemente até durante as baixas vazões. São encontrados nos trechos inferiores das bacias.

### 3. RESULTADOS E DISCUSSÕES

A avaliação das condições de estabilidade de canais fluviais foi realizada entre 2011 e 2012 em torno de 46 dispositivos de transposição de talvegue agrupados em 18 pontes, 6 pontilhões, 15 bueiros celular de concreto e 7 bueiros tubular de concreto (Figura 4 e Quadro 4).

Dentre os 46 dispositivos vistoriados, 33 foram classificados na categoria de nível Bom de estabilidade e 13 na de nível Excelente

(Quadro 5). Na Figura 5 são mostrados alguns exemplos dos dispositivos com os respectivos níveis de estabilidade. Cabe destacar que não houve registro de nenhuma estrutura com níveis de estabilidade regular ou pobre.

A seguir, é analisada a influencia dos tipos de dispositivos, do substrato rochoso e a cobertura pedológica sobre os níveis de estabilidade de canais fluviais na bacia do Paraná III..



BORTOLUZZI, L. N., FERNANDEZ, O.V.Q.  
ESTABILIDADE DE CANAIS FLUVIAIS EM TORNO DE PONTES E BUEIROS NA BACIA HIDROGRÁFICA DO  
PARANÁ III, OESTE DO PARANÁ

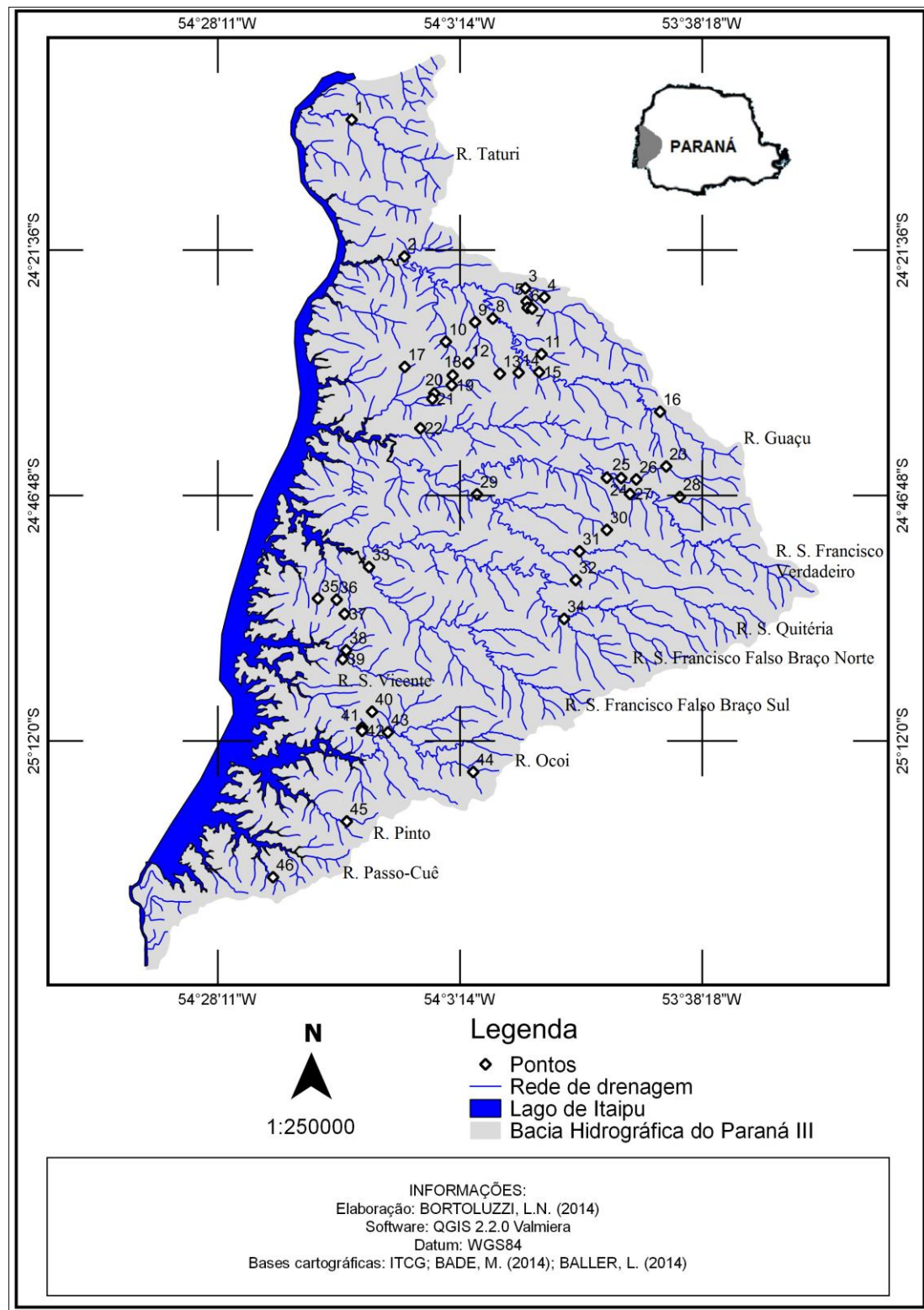


Figura 04 - Localização das pontes, pontilhões e bueiros vistoriados na bacia hidrográfica do Paraná III.

**ESTABILIDADE DE CANAIS FLUVIAIS EM TORNO DE PONTES E BUEIROS NA BACIA HIDROGRÁFICA DO PARANÁ III, OESTE DO PARANÁ**

**Quadro 04** - Informações referentes as pontes, pontilhões e bueiros vistoriadas na bacia do Paraná III.

Pontos	Rodovia/Município	Rio/Córrego	Coordenadas Geográficas	Tipologia dos canais	Tipo de estrutura
1	BR 163 – Guaira	Rio Taturi	24°08'13"S 54°14'24"O	Leito plano	Ponte
2	BR 163 – Terra Roxa/Mercedes	Rio Guaçu	24°22'16"S 54°08'58"O	Leito plano	Ponte
3	Rodovia Municipal – Nova Santa Rosa	Rio Jaguarandi	24°25'31"S 53°56'31"O	Leito plano	Ponte
4	PR 491 – Nova Santa Rosa	Sanga das Antas	24°26'27"S 53°54'33"O	Soleira-depressão	Pontilhão
5	Rodovia Municipal – Nova Santa Rosa e Maripá	Sanga Colibri	24°26'53"S 53°56'23"O	Leito plano	Tubular de Concreto
6	PR 491 – Nova Santa Rosa	Sanga Xerê	24°27'32"S 53°56'17"O	Leito plano	Pontilhão
7	PR 491 – Nova Santa Rosa	Rio Jaguarandi	24°27'37"S 53°55'49"O	Leito plano	Ponte
8	PR 491 – Nova Santa Rosa/Marechal C. Rondon	Rio Guaçu	24°28'38"S 53°59'52"O	Leito plano	Ponte
9	PR 491 – Marechal C. Rondon	Rio Quatro Pontes	24°29'00"S 54°01'41"O	Leito plano	Pontilhão
10	BR 163 – Marechal C. Rondon	Córrego Guavirá	24°31'01"S 54°04'42"O	Soleira-depressão	Celular de Concreto
11	PR 589 – Toledo	Córrego Gavião	24°32'17"S 53°54'51"O	Soleira-depressão	Tubular de Concreto
12	BR 163 – Marechal C. Rondon	Córrego Guará	24°33'13"S 54°02'24"O	Degrau-depressão	Celular de Concreto
13	BR 163 – Quatro Pontes	Rio Quatro Pontes	24°34'18"S 53°59'08"O	Leito plano	Tubular de Concreto
14	PR 239 – Quatro Pontes	Sanga Leão	24°34'11"S 53°57'12"O	Leito plano	Tubular de Concreto
15	PR 239 – Quatro Pontes/Toledo	Rio Guaçu	24°34'08"S 53°55'06"O	Leito plano	Ponte
16	PR 182 – Toledo/Palotina	Rio Guaçu	24°38'12"S 53°42'38"O	Leito plano	Celular de Concreto
17	PR 467 - Marechal Cândido Rondon	Córrego Curvado	24°33'36"S 54°08'56"O	Soleira-depressão	Celular de Concreto
18	Rodovia Municipal – Marechal C. Rondon	Sanga Borboleta	24°34'28"S 54°04'00"O	Degrau-depressão	Celular de Concreto
19	Rodovia Municipal – Marechal C. Rondon	Rio Arroio Fundo	24°35'29"S 54°04'06"O	Soleira-depressão	Pontilhão
20	Rodovia Municipal – Marechal C. Rondon	Córrego Palmital	24°36'19"S 54°05'54"O	Leito plano	Pontilhão
21	Rodovia Municipal – Marechal C. Rondon	Córrego Mirim	24°36'53"S 54°06'05"O	Soleira-depressão	Celular de Concreto
22	Rodovia Municipal – Marechal C. Rondon	Rio Marreco	24°39'54"S 54°07'20"O	Soleira-depressão	Ponte
23	BR 467 – Toledo	Rio Toledo	24°43'49"S 53°42'00"O	Degrau-depressão	Ponte
24	PR 317 – Toledo	Córrego Lajeado	24°44'59"S 53°48'07"O	Soleira-depressão	Celular de Concreto
25	PR 317 – Toledo	Rio São Francisco Verdadeiro	24°45'01"S 53°46'38"O	Leito plano	Ponte
26	Rodovia Municipal – Toledo	Rio Toledo	24°45'09"S 53°45'05"O	Leito plano	Ponte
27	PR 585 – Toledo	Rio São	24°46'39"S	Leito plano	Ponte

**ESTABILIDADE DE CANAIS FLUVIAIS EM TORNO DE PONTES E BUEIROS NA BACIA HIDROGRÁFICA DO PARANÁ III, OESTE DO PARANÁ**

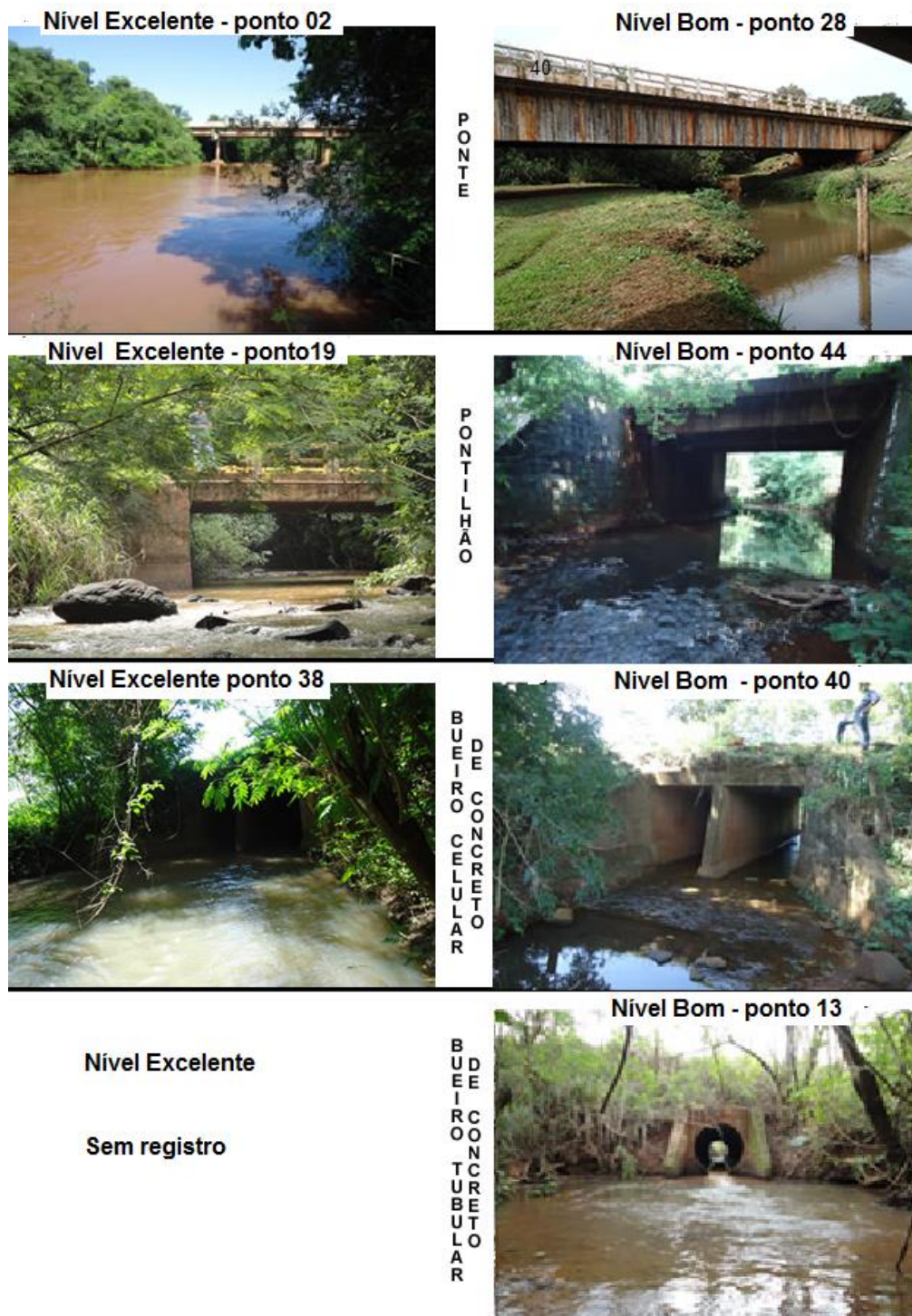
		Francisco Verdadeiro	53°45'44"O		
28	BR 467 – Toledo/Cascavel	Rio Lopeí	24°46'57"S 53°40'36"O	Leito plano	Ponte
29	PR 317 – Ouro Verde do Oeste/São José das Palmeiras	Rio Santa Quitéria	24°46'41"S 54°01'30"O	Leito rochoso	Ponte
30	PR 585 – Toledo	Rio do Ouro	24°50'20"S 53°48'07"O	Degrau-depressão	Celular de Concreto
31	PR 585 – Toledo/São Pedro do Iguaçu	Rio Santa Quitéria	24°52'32"S 53°50'56"O	Degrau-depressão	Ponte
32	PR 585 – São Pedro do Iguaçu	Córrego São Pedro	24°55'29"S 53°51'19"O	Soleira-depressão	Celular de Concreto
33	PR 488 – Santa Helena	Rio São F. Falso Braço Sul	24°54'09"S 54°12'37"O	Leito plano	Ponte
34	PR 585 – São Pedro do Iguaçu/Vera Cruz do Oeste	Rio Turvo	24°59'28"S 53°52'31"O	Degrau-depressão	Ponte
35	PR 495 – Santa Helena	Córrego Pacuri	24°57'23"S 54°17'53"O	Leito plano	Celular de Concreto
36	PR 495 – Santa Helena	Rio Moreninha	24°57'30"S 54°15'57"O	Leito plano	Celular de Concreto
37	PR 495 – Santa Helena	Rio Morenã	24°58'58"S 54°15'08"O	Leito plano	Tubular de Concreto
38	PR 495 – Missal	Córrego Lajeado	25°02'42"S 54°14'58"O	Leito plano	Celular de Concreto
39	PR 495 – Missal	Rio São Vicente	25°03'36"S 54°15'20"O	Leito plano	Ponte
40	PR 495 – Missal	Rio São João	25°09'00"S 54°12'18"O	Soleira-depressão	Celular de Concreto
41	PR 497 – Itaipulândia	Córrego Cedro	25°10'38"S 54°13'19"O	Soleira-depressão	Tubular de Concreto
42	PR 497 – Itaipulândia	Córrego Cedro	25°10'58"S 54°13'20"O	Leito plano	Tubular de Concreto
43	PR 495 – Missal/Medianeira	Rio Ocoí	25°11'07"S 54°10'40"O	Leito plano	Ponte
44	BR 277 – Medianeira	Rio Ocoí	25°15'11"S 54°01'53"O	Soleira-depressão	Pontilhão
45	PR 497 – São Miguel do Iguaçu	Rio Leão	25°20'16"S 54°14'54"O	Soleira-depressão	Celular de Concreto
46	BR 277 – Santa Terezinha de Itaipu	Córrego Bonito	25°26'00"S 54°22'30"O	Degrau-depressão	Celular de Concreto

**ESTABILIDADE DE CANAIS FLUVIAIS EM TORNO DE PONTES E BUEIROS NA BACIA HIDROGRÁFICA DO PARANÁ III, OESTE DO PARANÁ**

**Quadro 05** Pontuação individual e total dos treze indicadores de estabilidade e a definição do nível de estabilidade conforme o Quadro 3.

N°	Indicadores de estabilidade													Total	Níveis de Estabilidade
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13		
1	5	1	1	5	10	1	10	6	12	6	2	1	1	62	Bom
2	5	1	1	5	5	1	3	4	10	6	3	1	1	46	Excelente
3	5	1	3	2	2	1	3	2	12	6	3	1	3	44	Excelente
4	5	3	5	2	2	1	3	2	12	6	3	1	10	55	Bom
5	5	3	1	2	2	1	4	2	12	9	3	1	1	46	Bom
6	5	3	1	2	2	1	6	2	12	6	3	1	1	45	Excelente
7	5	1	1	2	2	1	3	2	12	6	3	1	1	40	Excelente.
8	5	1	1	2	5	1	3	4	10	6	3	1	1	43	Excelente
9	5	2	1	2	2	1	3	2	12	9	3	1	1	44	Excelente
10	7	3	1	3	8	1	9	6	12	9	6	1	1	67	Bom
11	5	3	2	2	2	1	6	2	12	6	4	1	5	51	Bom
12	8	3	1	3	2	1	6	2	12	7	3	1	1	50	Bom
13	7	3	1	4	2	1	6	2	12	8	3	1	1	51	Bom
14	5	2	1	2	5	1	6	4	12	7	3	1	1	50	Bom
15	5	1	1	2	5	1	3	4	12	6	7	1	1	49	Bom
16	5	1	3	7	5	1	9	2	12	6	6	1	12	70	Bom
17	5	3	2	2	2	1	6	2	12	6	4	1	3	49	Bom
18	7	3	1	9	1	1	7	1	12	6	1	1	1	51	Bom
19	7	3	1	3	1	1	3	1	12	8	3	1	1	45	Excelente
20	5	3	3	2	1	1	6	2	12	7	6	1	6	55	Bom
21	5	3	3	2	1	1	6	2	12	7	6	1	6	55	Bom
22	5	1	1	5	3	1	3	3	12	7	3	1	1	46	Excelente
23	8	2	1	7	2	1	3	2	10	9	3	1	1	50	Bom
24	5	2	1	2	3	1	9	2	12	6	6	1	3	53	Bom
25	9	1	1	2	5	1	3	2	12	6	3	1	1	47	Excelente
26	9	2	1	2	3	1	3	2	12	6	3	1	3	48	Excelente
27	9	1	1	2	4	1	3	3	12	8	3	1	1	49	Bom
28	5	1	1	1	5	1	3	2	12	6	5	1	10	53	Bom
29	5	1	1	7	5	1	3	2	12	6	3	1	1	48	Bom
30	5	3	1	3	3	1	6	2	12	6	3	1	1	47	Bom
31	5	1	1	7	4	1	3	3	12	7	3	1	3	51	Bom
32	7	3	1	2	3	1	6	2	12	6	3	1	2	49	Bom
33	5	1	1	7	5	1	3	2	12	6	3	1	1	48	Excelente
34	5	1	1	3	4	1	3	2	12	7	3	1	1	44	Bom
35	6	3	1	2	2	1	4	2	12	11	3	1	2	50	Bom
36	7	3	1	7	2	1	6	2	12	11	3	1	2	58	Bom
37	5	3	1	2	2	1	8	2	12	11	3	1	2	53	Bom
38	5	3	1	2	3	1	6	2	12	6	3	1	1	46	Excelente
39	5	1	1	2	2	1	3	2	12	6	3	1	1	40	Excelente
40	5	3	2	2	1	1	6	2	12	8	3	1	8	54	Bom
41	6	3	2	2	1	1	9	2	12	8	5	1	8	60	Bom
42	5	3	2	2	1	1	7	2	12	8	5	1	8	57	Bom
43	6	1	1	7	4	1	3	3	12	11	3	1	1	54	Bom
44	5	2	1	7	3	1	4	2	12	6	3	1	3	50	Bom
45	9	3	3	4	2	1	12	2	12	9	6	1	3	67	Bom
46	5	3	3	4	2	1	10	2	12	6	3	1	7	59	Bom

BORTOLUZZI, L. N., FERNANDEZ, O.V.Q.  
**ESTABILIDADE DE CANAIS FLUVIAIS EM TORNO DE PONTES E BUEIROS NA BACIA HIDROGRÁFICA DO PARANÁ III, OESTE DO PARANÁ**



**Figura 05** - Exemplo de pontes, pontilhões, bueiros em canais fluviais com níveis de estabilidade Excelente e Bom na bacia do Paraná III.

Os impactos ecológicos e morfológicos decorrentes da instalação dos dispositivos de transposição de talvegue são maiores nos bueiros do que nas pontes e pontilhões. Devido a este problema, estados e prefeitura no Canadá e

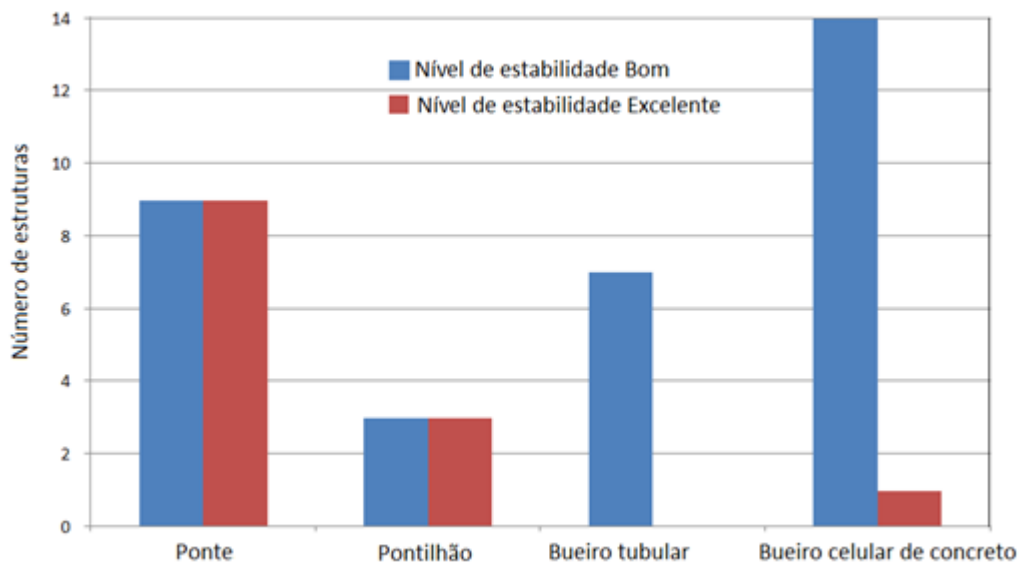
Estados Unidos da América promovem a substituição dos bueiros por pontilhões (EVANS et al. 2015). Em razão da maior área do vão central das pontes e pontilhões, o padrão do fluxo durante as enchentes sofre pouca

### ESTABILIDADE DE CANAIS FLUVIAIS EM TORNO DE PONTES E BUEIROS NA BACIA HIDROGRÁFICA DO PARANÁ III, OESTE DO PARANÁ

modificação e provoca menos erosão ou assoreamento. Nos bueiros a situação é inversa: a menor área da seção transversal acarreta o represamento parcial do fluxo durante as enchentes, gerando extravasamento do fluxo sobre o bueiro, destruição do aterro, acúmulo de detritos lenhosos e intensificação da erosão marginal. Em razão desta dinâmica, o número de pontes e pontilhões com níveis Excelente e Bom é igual, enquanto que nos bueiros predominam notoriamente os níveis Bom de estabilidade sobre os níveis Excelente (Figura 6).

Os impactos morfológicos e ecológicos à montante e a jusante dos bueiros tubulares são

maiores do que nos bueiros celulares (WARREN Jr.; PARDEW, 1998). No presente estudo, esta conclusão é corroborada pela inexistência de níveis Excelente nos bueiros tubulares vistoriados (Figura 5) e a constatação de que os dispositivos com menores índices de estabilidades são bueiros tubulares como os dispositivos de número 10, 16 e 45 (ver Quadros 4 e 5) que somam 67, 70 e 67 pontos respectivamente. Cabe lembrar que a pontuação do nível Bom para os canais com soleira-depressão, leito plano e dunas varia de 49 pontos (maior estabilidade) a 84 pontos (menor estabilidade) (ver Quadro 3).



**Figura 06** - Comparação entre os níveis de estabilidade de canais fluviais e tipos de estruturas de transposição do talvegue na Bacia do Paraná III

Os rios da bacia do Paraná III são cursos d'água de planalto com canais geralmente entalhados alternando segmentos aluviais e rochosos com predomínio de tipologias de leito associadas a declividades acentuadas como leito plano, degrau-depressão e leito rochoso (BALLER, 2014). O predomínio da tipologia leito plano, presente em torno de 25 das 46 estruturas levantadas, assim como as tipologias degrau-depressão e leito rochoso (Ver Quadro 4) indicam ambientes fluviais altamente energéticos, que podem provocar condições de

instabilidade nos canais. No entanto, esta situação não se concretiza em razão do afloramento do substrato basáltico no leito dos rios e da baixa erodibilidade dos solos que ocupam as baixas vertentes e os fundos de vale (Nitossolos Vermelhos, Cambissolos e Neossolos). Estes solos apresentam maior resistência a erosão hídrica (BASTOS, 1999), razão pela qual são menos propensos a sofrer processos de desmoronamentos e erosão acelerada (voçoroca) (NOGAMI e VILLIBOR, 1995). Estas características geológicas e

**ESTABILIDADE DE CANAIS FLUVIAIS EM TORNO DE PONTES E BUEIROS NA BACIA HIDROGRÁFICA DO PARANÁ III, OESTE DO PARANÁ**

pedológicas da bacia do Paraná III podem ser fundamentais para explicar o predomínio dos níveis de estabilidade Bom e Excelente e a ausência dos níveis Regular e Pobre.

#### **4. CONSIDERAÇÕES FINAIS**

É esperado que o potencial erosivo do fluxo nos rios de planalto da bacia do Paraná III possa ocasionar níveis de estabilidade Regular ou Pobre nos canais fluviais. No entanto, esta situação não foi constatada na bacia em estudo. O afloramento do substrato basáltico no leito, principalmente nos trechos superior e médio dos rios e a presença de solos oriundos das rochas basálticas, pouco propensos a erosão ou desmoronamentos, como as classes Nitossolos, Cambissolos e Neossolos, nas baixas vertentes e nos fundos de vale, conferem às calhas fluviais altos índices de estabilidade. Assim, se tem como resultado o predomínio dos níveis de estabilidade Bom e Excelente em torno das pontes e bueiros.

Neste trabalho, o protocolo da FHWA (2006) foi aplicado integralmente, sem nenhuma modificação tanto nos indicadores de estabilidade e nas respectivas pontuações, assim como na classificação de Montgomery e Buffington (1997). A metodologia mostrou-se adequada como instrumento de avaliação preliminar na avaliação das condições de estabilidade dos canais na bacia em estudo. O levantamento das condições das margens e do leito realizado em todas as estruturas localizadas nas estradas asfaltadas da bacia, permitiu a organização de um importante banco de dados que pode ser utilizado para direcionar estudos mais detalhados sobre o quadro erosivo-deposicional dos canais na intercepção com as obras viárias.

#### **5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS**

ANA (Agência Nacional de Águas) Projeto de gerenciamento integrado das atividades desenvolvidas em terra na Bacia do São

Francisco: Estudo Técnico de Apoio ao PBHSF - Nº 10 Controle de Cheias, Brasília. 65 p. 2004.

BADE, M.R. **Definição e Caracterização das Unidades de Paisagem das Bacias Hidrográficas do Paraná III (Brasil/Paraguai)**. Dissertação de Mestrado, Programa de Pós-Graduação em Geografia, Universidade Estadual do Oeste do Paraná, Marechal Cândido Rondon, (PR). 2014. 114 p.

BALLER, L. **Caracterização de perfis longitudinais nas bacias hidrográficas do Paraná III (Brasil) e Alto Paraná (Paraguai)**. Dissertação de mestrado, Programa de Pós-Graduação em Geografia, Universidade Estadual do Oeste do Paraná, Marechal Cândido Rondon, 2014, 78 p.

BASTOS, C.A.B. **Estudo geotécnico sobre a erodibilidade de solos residuais não saturados**. Tese. Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Escola de Engenharia. Porto Alegre, 303 p. 1999.

BORTOLUZZI, L.N. **Avaliação da estabilidade do canal fluvial em trechos adjacentes a pontes, pontilhões e bueiros na bacia hidrográfica do Paraná III - Oeste do Paraná**. Dissertação de mestrado, Programa de Pós-Graduação em Geografia, Universidade Estadual do Oeste do Paraná, Francisco Beltrão, 2012, 89 p.

DIAS, M.A.F.S. **Eventos climáticos extremos**. Revista USP, São Paulo, 103: 33-40. 2014.

DOLLAR, E.S.J.; ROWNTREE, K.M. **Sediment sources, hydroclimatic trends and geomorphic response in a mountainous catchment, north eastern Cape, South Africa**. South African Geographical Journal, 77(1): 21-32. 1995.

EMBRAPA (Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária) **Mapa de solos do estado do Paraná**. Rio de Janeiro: Embrapa Solos. 75 p. 2007.

ESTEVES, C.J.O. **Vulnerabilidade socioambiental na área de ocupação contínua do litoral do Paraná – Brasil**. Revista Ra'e Ga, Curitiba, 34: 214-245. 2015.

EVANS, N.T.; RILEY, C.W.; LAMBERTI, G.A. **Culvert replacement enhances connectivity of stream fish communities in a Michigan drainage network**. Transactions of the American Fisheries Society, 144: 967-976. 2015.

FHWA (Federal Highway Administration) **Assessing stream channel stability at bridges in**

**ESTABILIDADE DE CANAIS FLUVIAIS EM TORNO DE PONTES E BUEIROS NA BACIA HIDROGRÁFICA DO PARANÁ III, OESTE DO PARANÁ**

- physiographic regions. Report No FHWA-HRT-05-072**, Federal Highway Administration, Washington, D.C. 157 p. 2006.
- FORMAN, R.T.T.; SPERLING, D.; BISSONETE, J.A.; CLEVENGER, A.P.; CUTSHALL, C.D.; DALE, V.H. **Road Ecology**. Island Press. London. 481 p. 2003.
- FRANCO-MAGALHÃES, A.O.B., HACKSPACHER, P.C., SAAD, A.R. **Exumação tectônica e reativação de paleolineamentos no Arco de Ponta Grossa: termocronologia por traços de fissão em apatitas**. Revista Brasileira de Geociências 40, 184-195, 2010.
- FREI, C.M. **Design of fish passage at bridges and culverts**. Thesis. Washington State University. 208 p. 2006.
- GARCÍA MOLINOS, J.; LLANOS, A.; MARTÍNEZ DE AZAGRA, A. 2005. **Diseño de obras de paso compatibles con la migración de los peces**. *Ingeniería Civil*, 139: 132-139. 2005.
- GOMES, I. da S. **Sistema construtivo de pontes e viadutos com ênfases em lançamentos de vigas com treliças lançadeiras**. Universidade Anhembi Morumbi, 112 p. 2006.
- IAPAR (Instituto Agrônomo do Paraná) **Cartas climáticas básicas do Estado do Paraná**, Curitiba. 49 p. 1994.
- JACKSON, S.D. **Ecological considerations in the design of river and stream crossings. International Conference on Ecology and Transportation**. North Carolina State University. 10 p. 2003.
- JONES, J.A.; SWANSON, F.J.; WEMPLE, B.C.; SYNDER, K.U. **Road effect on hydrology, geomorphology and disturbance patches in stream network**. *Conservation Biology*, 14, 76-85. 2000.
- KOGAN, F.; GUO, W. **Strong 2015–2016 El Niño and implication to global ecosystems from space data**. *International Journal of Remote Sensing*, 38 (1): 161-178. 2017.
- LIMA, P.H.F.; DIAS, L.F. **A importância da carta geotécnica no planejamento urbano-o caso de Nova Friburgo pós-desastre de 2011**. In: Anais XV Simpósio Brasileiro de Geografia Física Aplicada. Vitória (ES). p. 556-563. 2013.
- MAACK, R. **Geografia Física do Paraná**. 4a Ed., Ponta Grossa: Editora UEPG, 526 p., 2012.
- MAGALHÃES, V.L.; CUNHA, J.E.; NÓBREGA, M.T. **Indicadores de vulnerabilidade ambiental**. Revista Brasileira de Geografia Física, 7 (6): 1133-1144. 2014.
- MIRANDA, A. de A.; MACEDO, R.C.S.C **Levantamento de dispositivos de transposição de talvegue com funcionamento comprometido: estudo de caso (alça viária)**. Unama (Universidade da Amazônia) – Centro de Ciências Exatas e Tecnologia Curso de Engenharia Civil - Belém (PA). 94 p. 2010.
- MONTGOMERY. D.R.; BUFFINGTON, J.M. **Channel-reach morphology in mountain drainage basins**. *Geological Society of America Bulletin*, 109: 596–611. 1997.
- NARDY, A.J.R.; OLIVEIRA, M.A.F.; BETANCOURT, R.H.S.; VERDUGO, D.R.H.; MACHADO, F.B. **Geologia e Estratigrafia da Formação Serra Geral**. *Geociências UNESP*, 21, n.1/2: 15-32. 2002.
- NOGAMI, J.S.; VILLIBOR, D.F. **Erosão na faixa marginal (Cap. 7)**. In: **Pavimentação de baixo custo em solos lateríticos**. J.S. Nogami e D.F. Villibor (Eds.), São Paulo (SP). Ed. Villibor, p. 169-196. 1995.
- ONTARIO MINISTRY OF NATURAL RESOURCES **Environmental Guidelines for Roads and Water Crossings**. Queen’s Printer for Ontario, Canada. 1988.
- POMPÊO, C.S. **Drenagem urbana sustentável**. *Revista Brasileira de Recursos Hídricos*, 5 (1): 15-23. 2000.
- ROCHA, A.S.; CUNHA, J.E.; MARTINS, V.M. **Relações morfopedológicas nos setores de fundos de vale da bacia hidrográfica do córrego Guavirá, Marechal Cândido Rondon-PR**. *Boletim de Geografia, Maringá*, 30 (2): 99-110. 2012.
- SANTOS, L.J.C., OKA FIORI, C., CANALI, N.E., FIORI, A.P., SILVEIRA, C.T., SILVA, J., ROSS, J.L.S. **Mapeamento geomorfológico do estado do Paraná**. *Revista Brasileira de Geomorfologia* 7, 3-12, 2006.
- SEMA (Secretaria de Meio Ambiente e Recursos Hídricos) **Bacias Hidrográficas do Paraná, uma Série Histórica**. Curitiba: Governo do Estado do Paraná. 2013.
- SIMON, A.; DOWNS, P.W. **An interdisciplinary approach to evaluation of potential instability in alluvial channels**. *Geomorphology*, 12: 215–232. 1995.



**ESTABILIDADE DE CANAIS FLUVIAIS EM TORNO DE PONTES E BUEIROS NA BACIA HIDROGRÁFICA DO PARANÁ III, OESTE DO PARANÁ**

SODRÉ, G.R.C.; SOUZA FILHO, J.D.C. **Estudo de caso: Análise sinótica de um evento extremo de precipitação no estado de Pernambuco entre os dias 17 a 19 de Junho de 2010.** Revista Brasileira de Geografia Física, 6 (1): 66-78, 2013.

THORNE, C.R. **Stream reconnaissance handbook: geomorphological investigation and analysis of river channels.** John Wiley & Sons Ltd. Chichester, England. 1998.

THORNE, C.R.; ALLEN, R.G.; SIMON, A. **Geomorphological river channel reconnaissance for river analysis, engineering and management.** Transactions of the Institute of British Geographer, 21: 469-483. 1996.

TONELLO, K.C.; DIAS, H.C.T.; SOUZA, A.L.; RIBEIRO, C.A.A.; LEITE, F.P. **Morfometria da bacia hidrográfica da Cachoeira das Pombas, Guanhões – MG.** Revista Árvore, Viçosa-MG, 30 (5): 849-857. 2006.

TUCCI, C.E.M.; CLARKE, R.T. **Impacto das mudanças da cobertura vegetal no escoamento: revisão.** Revista Brasileira de Recursos Hídricos, 2 (1), 135-152. 1997.

WARREN Jr., M.L.; PARDEW, M.G. **Road crossings as barriers to small-stream fish movement.** Transactions of the American Fisheries Society, 127 (4): 637-644. 1998.