

## FORMAS TOPOGRÁFICAS NAS PLANÍCIES DE INUNDAÇÃO E TERRAÇOS ALUVIAIS

### META

Apresentar as formas topográficas nas planícies de inundação e os tipos de terraços que ocorrem nos vales fluviais.

### OBJETIVOS

Ao final desta aula, o aluno deverá:

distinguir planície de inundação de terraço fluvial;

conhecer os tipos de leitos fluviais;

identificar os três grupos principais de depósitos aluviais nas planícies de inundação;

entender os processos de formação dos terraços fluviais; e

caracterizar os tipos de terraços fluviais.



Os terraços fluviais são uma exceção ao princípio da sobreposição. Ao longo do tempo o rio diminui o caudal escavando estas formações que correspondiam ao leito em determinada altura. Os sedimentos que se encontram nos terraços superiores são mais antigos que os que se encontram nos inferiores.

(Fontes: <http://sites.google.com/site/miguelcorreia25>)

### INTRODUÇÃO

As planícies de inundação são lugares naturais para os assentamentos urbanos, porque combinam fácil transporte hidroviário com acessos as terras férteis e agricultáveis. Tais lugares, entretanto, estão sujeitos às inundações. Parte do vale adjacente ao canal fluvial é composta de sedimentos depositados durante as enchentes quando as águas transbordam do canal de escoamento. Sucessivas inundações formam os diques naturais ou marginais, ou seja, cristas de sedimentos mais grosseiros que confinam o rio dentro de suas margens, nos intervalos entre as inundações.

A dinâmica do fluxo, os mecanismos de transporte e os processos morfogenéticos atuantes no curso de água só agem quando possuem forças suficientes para ultrapassar a resistência ao fluxo. Devido à inconsistência do material detrítico, há facilidade para a movimentação dos sedimentos e esculturação de formas topográficas. Nesta perspectiva, a topografia do leito surge como de natureza deformável e de rápida mutabilidade.

### OS TIPOS DE LEITOS FLUVIAIS



Exemplo de uma planície de inundação.  
(Fontes: <http://www.ufrgs.br>)

Os leitos fluviais correspondem aos espaços que podem ser ocupados pelo escoamento das águas e, no que tange ao perfil transversal nas planícies de inundação, podemos distinguir: (Figura 5.1).



Figura 5.1 – Os tipos de leitos fluviais, notando-se a distinção entre o leito de vazante, o menor e o maior.  
(Fonte: Christofolletti, 1980).

- a) leito de vazante, que está incluído no leito menor e é utilizado para o escoamento das águas baixas. Constantemente, ele serpenteia entre as margens do leito menor, acompanhando o talvegue, que é a linha de maior profundidade ao longo do leito;
- b) Leito menor, que é bem delimitado, encaixado entre margens geralmente bem definidas. O escoamento das águas nesse leito tem a frequência suficiente para impedir o crescimento da vegetação. Ao longo do leito menor, verifica-se a existência de depressões (mouilles ou pools), seguidas de partes menos profundas, mais retilíneas e oblíquas em relação ao eixo aparente do leito, designadas de umbrais (seuils ou riffles);
- c) leito maior periódico sazonal, que é regularmente ocupado pelas cheias, pelo menos uma vez cada ano; e
- d) leito maior excepcional, por onde correm as cheias mais elevadas, as enchentes, sendo submerso em intervalos irregulares.

A relação entre leito de vazante, leito menor, leito maior periódico sazonal e excepcional varia de um curso de água para outro, inclusive de um setor a outro de um mesmo rio (CHRISTOFOLETTI, 1980).

Os rios são sistemas dinâmicos que mudam seu regime de vazante até o regime de cheias em poucos anos e remodelam seus vales em longos períodos de tempo. O fluxo e as dimensões de um canal de um rio também mudam à medida que ele se movimenta a jusante, desde os vales estreitos nas cabeceiras fluviais das terras altas até as amplas planícies de inundação, dos cursos intermediário e inferior. A maioria dessas mudanças de maior duração está relacionada com os ajustes no volume normal (vazão), na velocidade do fluxo e com a profundidade e a largura do canal.

### VAZÃO

As formas de relevo de origem fluvial são elaboradas a partir do escoamento concentrado da água em canais fluviais. A esse escoamento dá-se o nome de vazão, cujo volume depende do regime hidrológico da bacia hidrográfica (NOVO, 2008).

Medimos o fluxo de um rio pela sua vazão ou descarga – o volume de água que passa num dado ponto e num dado momento à medida que flui por um canal de uma certa largura e profundidade. A vazão fluvial é comumente medida em metros cúbicos por segundo.

Para calcular a vazão, multiplicamos a área da seção transversal (a largura multiplicada pela profundidade da parte do canal ocupada pela água) pela velocidade do fluxo (distância ocorrida por segundo):

A Figura 5.2 ilustra essa relação.

Com o aumento continuado da vazão, a água extravasa sobre as margens. Os rios inundam regularmente, alguns em intervalos irregulares, outros, quase todos os anos. Algumas inundações são grandes, mantendo os níveis da água muito altos durante vários dias. No outro extremo, estão as inundações menores que, logo ao extravasar o canal, já recuam. As inundações pequenas são mais freqüentes ocorrendo, em média, a cada 2 ou 3 anos.

A vazão da maioria dos cursos fluviais aumenta para jusante, à medida que mais água flui dos tributários ou afluentes. O intervalo médio entre a ocorrência de dois eventos de inundação de uma certa magnitude é chamado de intervalo de recorrência, que depende de três fatores:

- o clima da região;
- a largura da planície de inundação e
- o tamanho do canal.

Num clima seco, por exemplo, o intervalo de recorrência de uma inundação de 2.600 m<sup>3</sup>/s pode ser muito maior que o de um rio similar numa área que tem chuvas intermitentes.

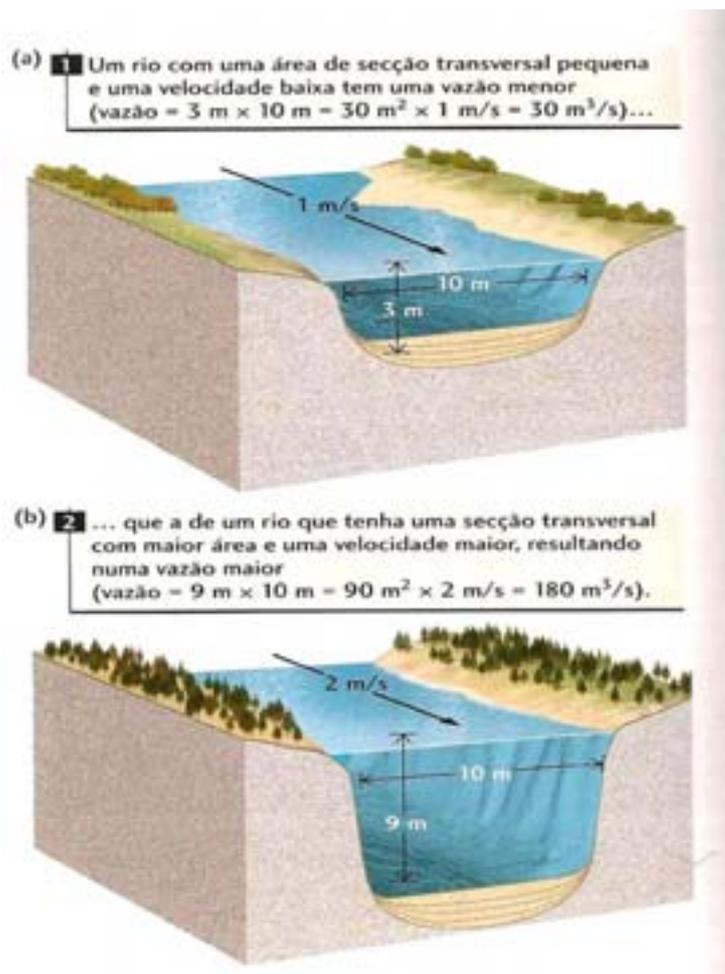


Figura 5.2 – A vazão depende da velocidade e da área da secção transversal. Um rio com vazão (a) pequena e (b) grande.  
(Fonte: Press, et al., 2006).

Tributário ou afluente – curso fluvial que flui para desembocar em um rio de dimensões maiores. Em geral, os rios que fluem para um oceano ou lago constituem os cursos principais e os que desembocam nestes rios são os tributários.

## DEPÓSITOS ALUVIAIS OU FLUVIAIS

Geomorfologicamente, os depósitos aluviais de diferentes subambientes podem ser subdivididos em depósitos de acreção lateral ou horizontal, em que ocorre a redistribuição em área dos sedimentos disponíveis e depósitos de acreção vertical, que se referem ao empilhamento dos sedimentos em suspensão, como ocorre nas planícies de inundação.

De acordo com Suguio (2003) os depósitos fluviais podem ser subdivididos em três grupos principais (Figura 5.3):

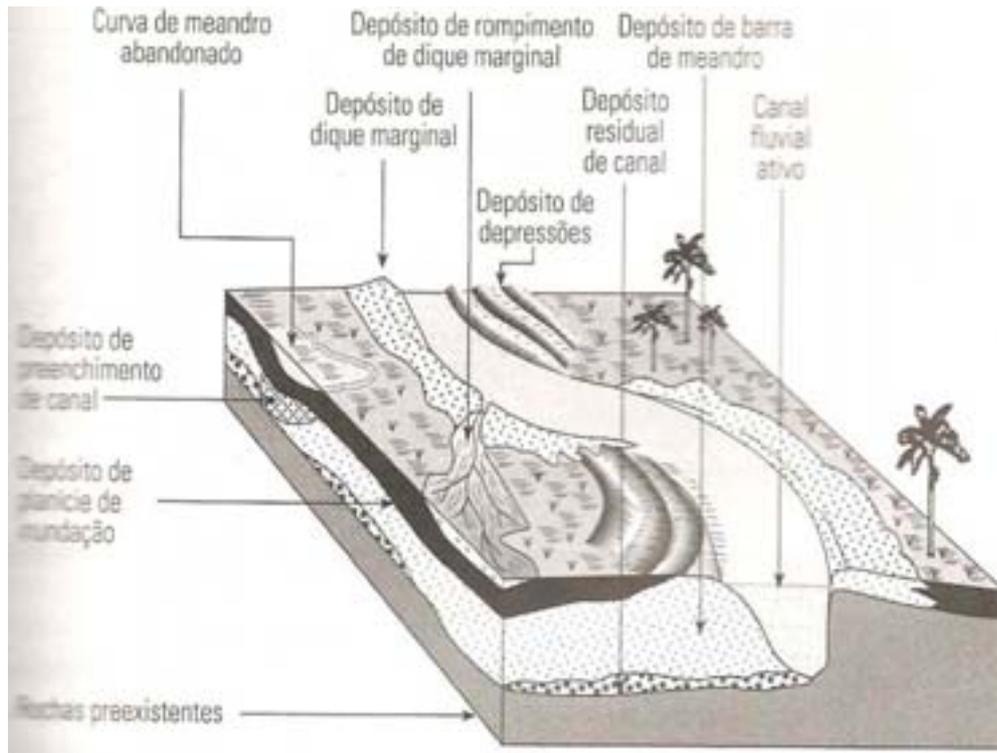


Figura 5.3 – Diferentes fácies sedimentares associadas aos vários subambientes de ambientes fluviais meandrantes.

(Fonte: Suguio, 2003).

1. Depósitos em canais fluviais – formados pela atividade do fluxo em canal fluvial e incluem os depósitos residuais de canal, de barras de meandros, de barras de canais e de preenchimento de canal;

1.1 depósitos residuais de canal – correspondem aos detritos de granulometria mais grosseira entre os sedimentos fluviais, em geral cascalhos, que são abandonados como acumulação residual, fato que ocorre com baixa frequência.

1.2 depósitos de barras de meandros (point bars) – os depósitos de barras de meandros constituem os aspectos mais notáveis da paisagem aluvial. Cada curva de meandro ativo ou abandonado possui barras de meandros grosseiramente concordantes com a curva do canal. Correspondem aos bancos sedimentares que se desenvolvem no lado interno da curva de um meandro, ocupando a margem convexa, sendo também designados de barra em pontal. O fluxo cruzando o canal e o declínio da sua intensidade na margem convexa constituem os mecanismos mais importantes no processo de sedimentação da barra de meandro. Em grandes rios, como o Mississipi e o Amazonas, formam séries de cordões arqueados de vários metros de altura, intercalados por zonas de deposição de barra, migração do canal durante as enchentes. Depois dos depósitos residuais de canal, constituem os sedimentos de maior diâmetro.

1.3 depósitos de barras de canal – são encontrados em canais de baixa sinu-

osidade e controlados tanto por processos de acreção lateral como vertical, além de escavação e abandono de canal. Eles migram de montante para a jusante por sucessivos retrabalhamentos de sedimentos, como em deltas, e lateralmente produzindo laminação de camadas frontais.

Em canais entrelaçados, os depósitos de carga de fundo ocorrem principalmente como barras longitudinais e transversais ao canal fluvial. Podem ser compostos de material grosso, como nos rios situados em regiões montanhosas ou de material fino como nos situados em planície.

1.4 Depósitos de preenchimento de canais – resultam do entulhamento dos canais fluviais, em função de aumento da sedimentação, com consequente redução de profundidade em um canal ativo ou de sedimentação em canal abandonado. O preenchimento de canais ativos, por aumento exagerado de carga sedimentar, é comumente relacionado a rios efêmeros de climas semi-áridos ou áridos.

2. Depósitos marginais – originados nas margens dos canais fluviais durante as enchentes e compreendem os depósitos de diques marginais ou naturais e de rompimento de diques marginais;

2.1. Depósitos de diques marginais – esses depósitos formam cordões sinuosos e resultam de inundação fluvial, que margeiam os canais fluviais. As alturas máximas dos diques marginais situam-se mais próximas aos canais, onde formam barrancos abruptos e caem suavemente rumo às planícies de inundação. Os diques dificultam a drenagem das planícies de inundação, provocando o surgimento de lagoas e pântanos. Em canais retilíneos de planícies deltaicas, os diques marginais podem desenvolver-se de forma simétrica nas duas margens e em canais meandrantos.

Os depósitos de diques marginais passam gradativamente para os das planícies de inundação.

2.2. Depósitos de rompimento de diques marginais – são originados quando o excesso de água de enchente rompe os diques marginais. Estabelecida a ruptura o fluxo de água divergente escava o seu curso através do dique e estende-se em forma de línguas sinuosas ou lobadas em direção às planícies de inundação exibindo granulação levemente mais grossa que a de seus diques marginais. Os depósitos de rompimento de diques da margem côncava são insignificantes, em relação aos da margem convexa.

3. Depósitos de planícies de inundação ou várzea – essencialmente compostos por sedimentos finos depositados durante as grandes enchentes, quando as águas ultrapassam e/ou rompem os diques naturais. Correspondem aos depósitos de planícies de inundação e aos paludais (ou palustres), em áreas planas que funcionam como bacias de decantação de materiais siltico – argilosos, margeando os canais fluviais.

A seção transversal esquemática da planície de inundação da Figura 5.4 é típica de rios com elevada carga sedimentar e grande amplitude de variação entre o nível médio de enchente e vazante, a exemplo das planícies aluviais dos rios Paraná e Amazonas.

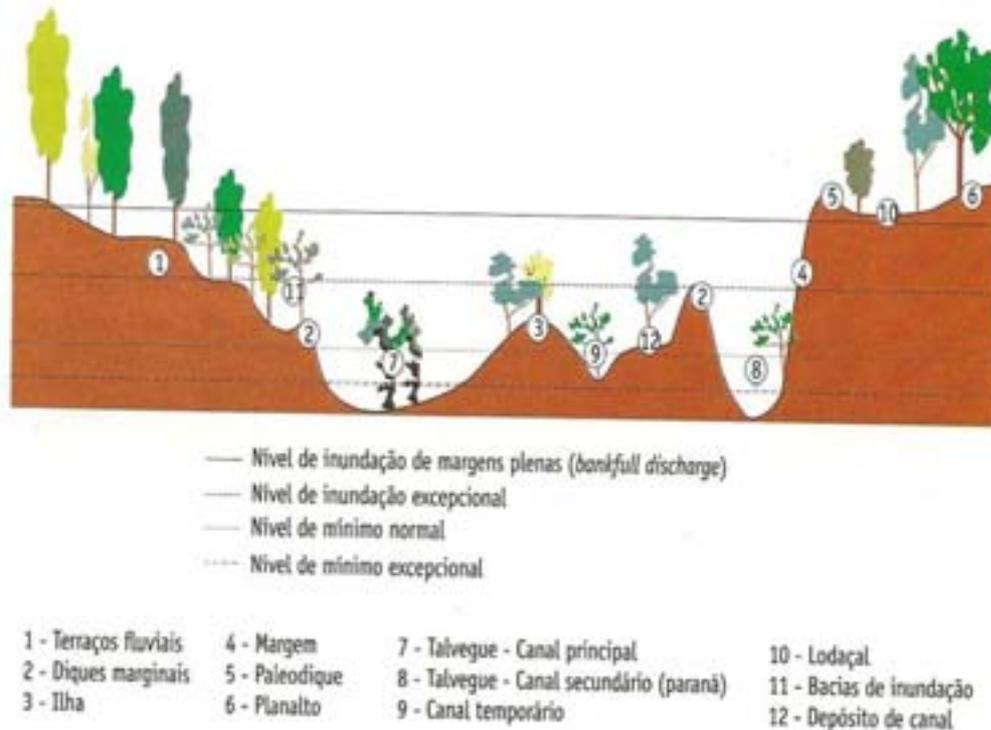


Figura 5.4 – Seção transversal esquemática da planície de inundação  
 (Fonte: Novo, 2008).

Acreção lateral – ocorre por migração do canal fluvial com materiais da carga do leito, sendo ativo, nas margens convexas das curvas meândricas.

Acreção vertical – ocorre pela sedimentação da carga detrítica em suspensão sobre a planície de inundação, fora do canal fluvial.

Em climas úmidos, as planícies de inundação são planas e úmidas com densa vegetação, apresentando zonas pantanosas e turfeiras e em climas áridos ocorrem nódulos carbonáticos, concreções de hidróxido de ferro e sais alcalinos formados em função da alta taxa de evaporação.

As bacias de decantação constituem depressões na planície de inundação, às vezes formando lagoas e pântanos, constituindo-se em áreas de drenagem impedida.

Frequentemente as bacias de inundação possuem um conjunto de pequenos canais, em parte herança de sistemas de drenagens mais antigos que facilitam a entrada da água nas bacias durante as enchentes bem como a drenagem das mesmas durante as vazantes.

## TERRAÇOS FLUVIAIS OU ALUVIAIS

Os terraços fluviais inserem-se entre os elementos morfológicos do vale e podem ser definidos como sendo antigas planícies de inundação que foram abandonadas. Internamente, em direção ao canal fluvial, limita-se por uma escarpa e do lado externo, por uma topografia mais elevada, representada por escarpas de terraços mais altos ou pela vertente do vale. O critério de delimitação entre a planície de inundação e o terraço está relacionado com a magnitude e frequência das chuvas, não sendo atingido pelas águas no intervalo de recorrência de 10 anos (CHRISTOFOLETTI, 1981).

Os terraços podem ser esculpidos sobre o embasamento rochoso, quando então são designados de terraços rochosos, que não devem ser confundidos com os denominados terraços estruturais, representados por patamares ao longo das vertentes, mantidos pela existência de camadas de rochas mais resistentes, mas cuja gênese não está relacionada com a ação fluvial.

Terraço rochoso – formado através do trabalho da erosão dos rios sobre as rochas existentes nas encostas dos vales.

Terraço estrutural – superfície estrutural resultante da denudação de camadas tenras. É denominado por alguns autores de terraço tectônico.

Como se formam os terraços aluviais?

- Fase deposicional – o fornecimento detrítico acumula-se na planície aluvial e
- Fase de entalhamento fluvial – o rio escava e aprofunda o leito.

Ao longo das vertentes os terraços aluviais, de distribuição simétrica, dispõem-se de modo semelhante sendo denominados de parelhados, refletindo uma longa aplainação lateral seguida de entalhe no sentido vertical (Figura 5.5). Os isolados, de distribuição não simétrica, refletem deslocamento de entalhe em direção a uma das bordas, como nos rios meandrantos (Figura 5.6).



Figura 5.5 – Terraços parelhados.  
(Fonte: Christofolletti, 1980).



Figura 5.6 – Terraços isolados, de distribuição não-simétrica (B).  
(Fonte: Christofolletti, 1980).

As principais categorias de arranjos dos terraços serão apresentadas a seguir:

Terraço integralmente embutido – o material detrítico aluvial do terraço mais antigo recobre toda a superfície rochosa do fundo do vale e os aluviões do terraço mais recente encontram-se no interior do conjunto detrítico mais antigo. O talvegue encontra-se no interior da antiga deposição aluvial (Figura 5.7).

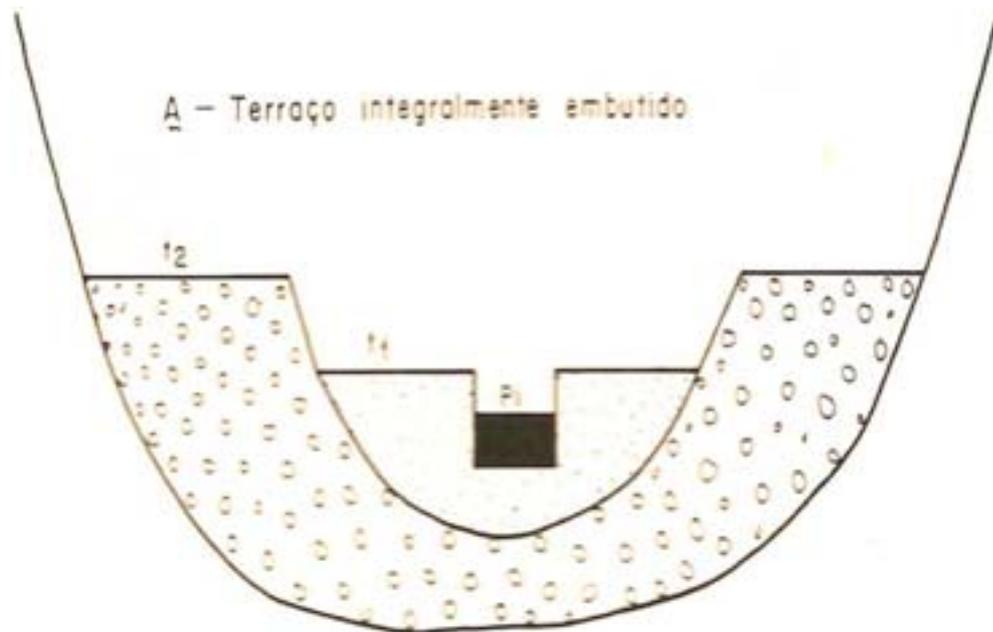


Figura 5.7 – Terraço integralmente embutido.  
(Fonte: Christofolletti, 1981).

Terraço parcialmente embutido – também denominado de terraço encaixado nas fases de escavação sucessivas, o talvegue entalha mais ou menos profundamente a rocha situada abaixo da acumulação detrítica anterior. Assim, os depósitos aluviais recentes recobrem uma parte da deposição aluvial antiga e do embasamento rochosos do vale (Figura 5.8).

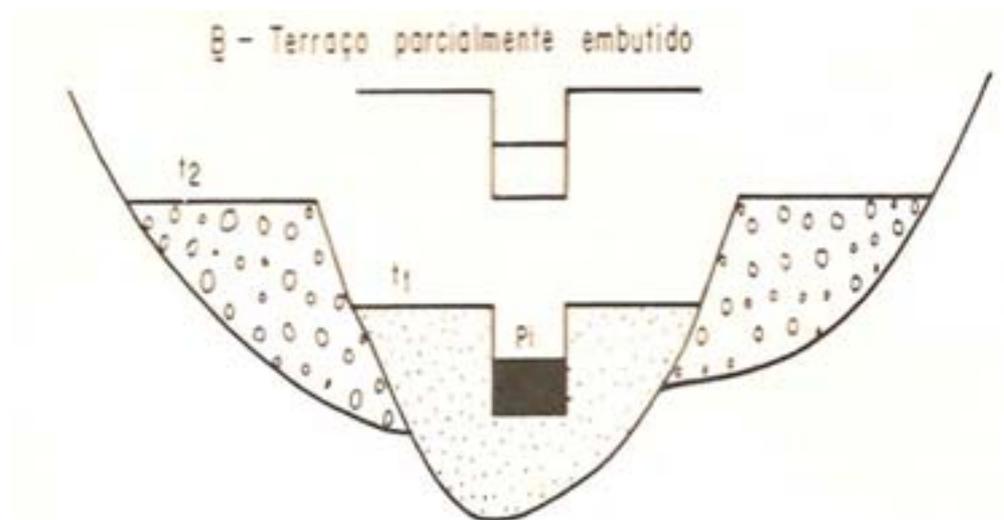


Figura 5.8 – Terraço parcialmente embutido.  
(Fonte: Christofolletti, 1981).

Terraço escalonado – os rebordos são formados pelas camadas antigas de aluviões e pelo afloramento da rocha, indicando predominância do entalhamento no transcurso da evolução. A tectônica positiva é indispensável para a disposição de terraços escalonados. O soerguimento tectônico pode mudar o equilíbrio de um vale fluvial, resultando em superfícies planas e escalonadas que acompanham o rio, acima da planície de inundação (Figura 5.9).

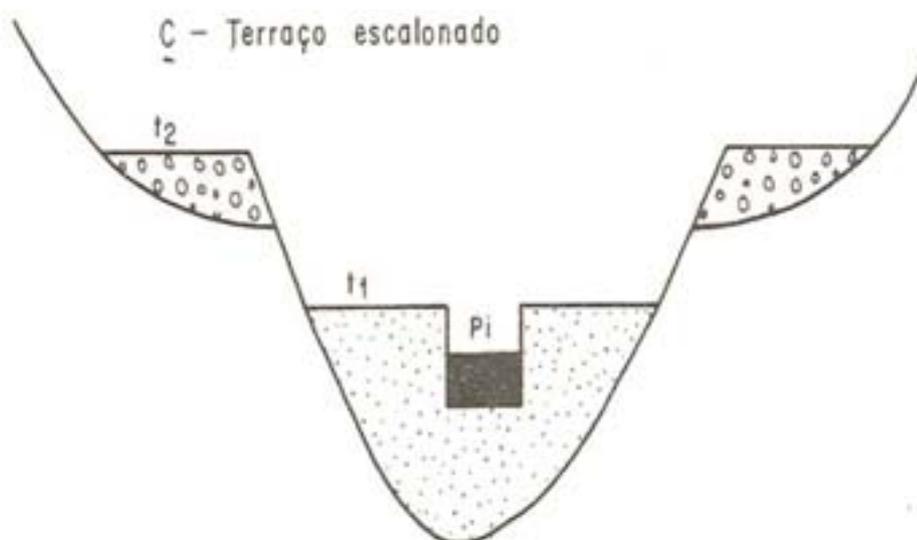


Figura 5.9 – Terraço escalonado.  
(Fonte: Christofolletti, 1981).

O soerguimento tectônico pode mudar o perfil de equilíbrio do rio levando-o a entalhar mais profundamente a própria planície de inundação. Ao longo do tempo o rio pode construir outra planície de inundação, que poderá ser também soerguida e entalhada, para formar novo terraço fluvial (Figura 5.10).

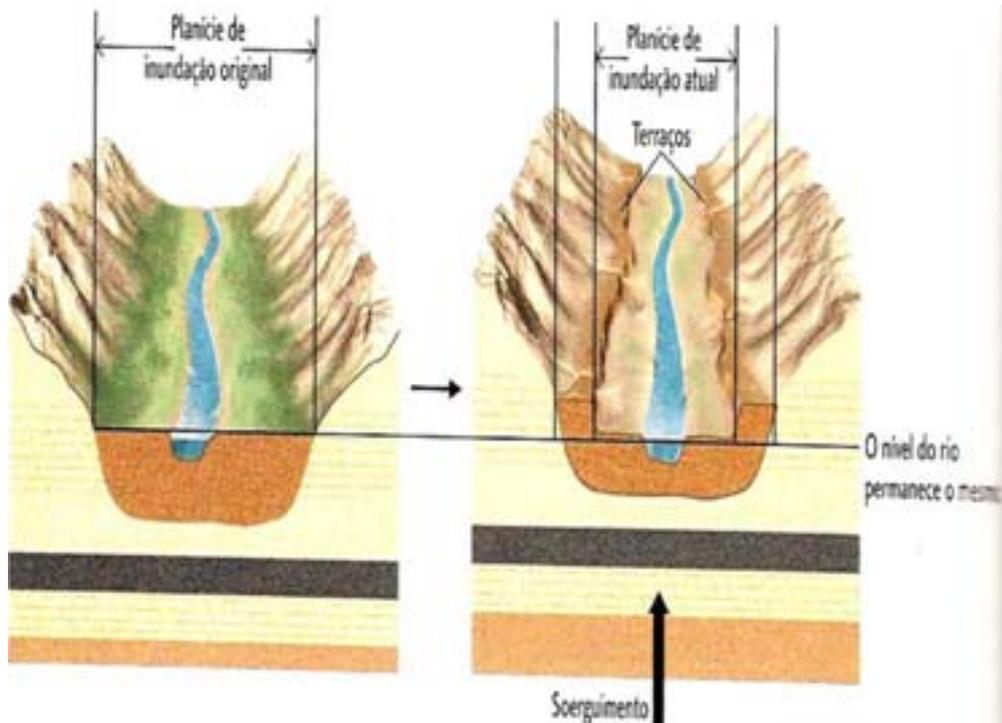


Figura 5.10 – Os terraços formam-se quando a superfície do terreno é soerguida, e um rio erode sua própria planície de inundação e estabelece uma nova planície, num nível inferior. Os terraços são os remanescentes da planície de inundação anterior. (Fonte: Press et al., 2006).

Além dos aspectos morfológicos, a sedimentologia, a caracterização dos paleossolos e a correlação altimétrica são critérios utilizados para melhor correlacionar e precisar a sucessão de terraços.

### O DESENVOLVIMENTO DAS CIDADES NAS PLANÍCIES DE INUNDAÇÃO

Há cerca de 4 mil anos, as cidades começaram a se estabelecer nas planícies de inundação ao longo do rio Nilo, no Egito, nas terras da antiga Mesopotâmia, entre os rios Tigre e Eufrates, e, na Ásia, ao longo do rio Indo, na Índia, e do Yangtze e Azul Huang Ho (Amarelo), na China. Posteriormente, muitas das capitais da Europa foram construídas sobre planícies de inundação: em Londres, ao longo do rio Tâmesa; em Paris, junto ao Sena; em Roma, na margem do Tibre. Entre as cidades da América do Norte construídas em planícies de inundação,

podem ser citadas Saint Louis, ao longo do rio Mississipi; Cincinnati, junto ao rio Ohio, e Montreal, margeando o rio Saint Lawrence.

As enchentes periodicamente destruíram partes dessas cidades antigas e modernas que se localizavam nas regiões mais baixas das planícies de inundação, mas seus habitantes sempre as reconstruíram. Atualmente, muitas das maiores cidades estão protegidas por diques artificiais que reforçam e elevam os diques naturais dos rios. Sistemas extensivos de barragens podem ajudar a controlar as inundações que afetam essas cidades, mas são incapazes de eliminar completamente os riscos. Em 1973, o Mississipi causou sérios problemas numa enchente que durou 77 dias consecutivos em Saint Louis. O rio alcançou uma altura de 4,03 m acima do nível de inundação (a altura na qual ocorre o primeiro extravasamento sobre as margens do canal). Em 1993, o Mississipi e seus tributários saíram novamente de seus leitos e ultrapassaram os registros mais antigos, resultando na mais devastadora enchente da história dos Estados Unidos, como foi oficialmente considerada. Essa cheia ocasionou 487 mortes e prejuízos materiais da ordem de 15 a 20 milhões de dólares. Em Saint Louis, o Mississipi ficou acima do nível normal durante 144 dos 183 dias que existem entre abril e setembro. Um resultado inesperado dessa inundação foi a dispersão de poluentes, que ocorreu quando a água da cheia lavou os agrotóxicos das fazendas e depositou-os nas áreas inundadas. Alguns geólogos acreditam que a construção de diques marginais e canais para confinar o rio Mississipi contribuiu para que a inundação atingisse níveis tão elevados. O rio não pode mais erodir suas margens e alargar seu canal para acomodar parte da quantidade adicional de água que flui durante os períodos de maior vazão.

O que as cidades e os povoados desses lugares estão fazendo? Alguns se apressaram em parar toda construção e ocupação nas partes mais inferiores da planície de inundação. Outros têm exigido a supressão dos fundos para desastres subsidiados pelo governo federal para reconstruir essas áreas. A cidade de Harrisburg, na Pennsylvania, fortemente afligida pela enchente de 1972, transformou em parques as áreas ribeirinhas devastadas. Num movimento dramático depois da cheia do Mississipi de 1993, a cidade de Valmeyer, em Illinois, votou por transferir-se inteiramente para uma região mais alta, localizada a vários quilômetros de distância. O novo lugar foi escolhido com a ajuda de uma equipe de geólogos do Serviço Geológico de Illinois (Illinois Geological Survey). Contudo, muitas pessoas que sempre viveram na planície de inundação querem ficar e estão habituadas com os riscos das enchentes. Os custos para proteger algumas áreas localizadas no nível de enchente são proibitivos, e esses lugares continuarão a apresentar problemas para as políticas públicas.

### CONCLUSÃO

Como vimos no decorrer desta aula, as planícies de inundação constituem a forma mais comum de sedimentação fluvial, encontrada nos rios de todas as grandezas. Os terraços aluviais são compostos por materiais relacionados à antigas planícies de inundação e situam-se a determinada altura acima do curso de água atual, não sendo recobertos nem mesmo na época das cheias. O abandono de sucessivas planícies de inundação pode levar à formação de terraços parelhados ou de terraços isolados, no caso dos rios meandrantés.

### RESUMO



Os leitos aluviais correspondem aos espaços que podem ser ocupados pelo escoamento das águas e, no que tange ao perfil transversal nas planícies de inundação podemos distinguir três grupos principais de depósitos aluviais. Morfologicamente os terraços fluviais representam antigas planícies de inundação, que foram abandonadas, sendo constituídos por material detrítico aluvial, refletindo os processos deposicionais do leito fluvial, dos diques marginais, das bacias de inundação e de outros elementos da planície de inundação.

### AUTOAVALIAÇÃO



1. Indique, fazendo comentários, os diferentes tipos de leitos encontrados nos canais fluviais explicando as causas dessa variação.
2. Explique os diferentes tipos de terraço aluvial encontrados na natureza.
3. Qual a importância econômica das planícies de inundação?
4. Porque a planície de inundação tem esse nome?
5. Qual o problema mais frequente para a urbanização nos terrenos mais recentes das planícies de inundação?

### PRÓXIMA AULA



Na próxima aula você estudará os leques aluviais.

## REFERÊNCIAS

CHRISTOFOLETTI, Antonio. **Geomorfologia**. São Paulo: Edgard Blucher, 2. ed. 1980.

\_\_\_\_\_. **Geomorfologia fluvial**. São Paulo: Edgard Blucher, 1981.

NOVO, Evlyn Márcia L. de M. Ambientes fluviais. In: FLORENZANO, Teresa Gallotti (org). **Geomorfologia: conceitos e tecnologias atuais**. São Paulo: Oficina de Textos, 2008.

PRESS, Frank.; SIEVER, Raymond; GROTZINGER, Hohn; JORDAN, Thomas H. **Para entender a Terra**. Tradução: R. Menegat et al., Porto Alegre: Bookman, 2006.

SUGUIO, Kenitiro. **Geologia sedimentar**. São Paulo: Edgard Blucher, 2003.