

## **Identificação da variação de energia no fluxo de escoamento através da análise granulométrica de perfis de margens fluviais na bacia hidrográfica do rio Pirabeiraba – SC**

**Identification of energy change in the stream flow by grain size analysis of river bank profiles at the Pirabeiraba watershed – SC**

*Daniela Torrissi*

Mestranda em Geografia, Universidade Federal do Paraná, Curitiba – PR  
[dani\\_t8@hotmail.com](mailto:dani_t8@hotmail.com)

*Monica Kleina*

Mestranda em Geografia, Universidade Federal do Paraná, Curitiba – PR  
[monicakleina@gmail.com](mailto:monicakleina@gmail.com)

*Bruna Daniela de Araujo Taveira*

Mestranda em Geografia, Universidade Federal do Paraná, Curitiba – PR  
[brunattaveira@gmail.com](mailto:brunattaveira@gmail.com)

*Fabiano Antonio de Oliveira*

Prof. Dr. do Dep. de Geografia, Universidade Federal do Paraná, Curitiba – PR  
[foliveira@ufpr.br](mailto:foliveira@ufpr.br)

*Juliana Landolfi de Carvalho*

Mestranda em Geografia, Universidade Federal do Paraná, Curitiba – PR  
[ju\\_wlt@hotmail.com](mailto:ju_wlt@hotmail.com)

*Julio Manoel França Da Silva*

Doutorando em Geografia, Universidade Federal do Paraná, Curitiba – PR  
[juliosilva.geografo@gmail.com](mailto:juliosilva.geografo@gmail.com)

*Karen Moura Bueno*

Mestranda em Geografia, Universidade Federal do Paraná, Curitiba – PR  
[karenmbueno@gmail.com](mailto:karenmbueno@gmail.com)

Artigo recebido para revisão em 13/06/2015 e aceito para publicação em 13/09/2015

### **Resumo**

O estudo da dinâmica sedimentar de um canal pode auxiliar na compreensão da evolução da paisagem e no entedimento da dinâmica fluvial em uma bacia hidrográfica. A análise granulométrica dos sedimentos permite uma aproximação inicial ao conhecimento da dinâmica sedimentar e da variação da energia do fluxo no canal. O presente trabalho objetiva identificar a variação de energia do fluxo de escoamento do canal fluvial a partir da comparação das análises granulométricas de dois perfis estratigráficos na bacia hidrográfica do rio Pirabeiraba, SC. A metodologia aplicada foi baseada em análises granulométricas e estatísticas desenvolvidas em amostras coletadas em campo. Os principais resultados obtidos demonstraram que os perfis apresentaram-se muito semelhantes, indicando que, apesar de ocorrerem variações de energia dos fluxos, os perfis se mantiveram equivalentes nas duas amostras estudadas. Desta forma, pode-se relatar que os eventos ocorridos foram homogêneos nesta parte da bacia.

**Palavras-Chave:** Análise granulométrica, Fluxo fluvial, Rio Pirabeiraba.

**Abstract**

The study of sediment dynamics of a river may help to understand the evolution of the landscape and to comprehend the fluvial dynamics in a watershed. One useful tool is the sediment grain size analysis (granulometry / granulometric analysis). The granulometric analysis allows to understand sediment dynamics as well as energy changes in a river flow. This paper aims to identify the energy change of a river channel by means of the comparison of particle size analysis of two stratigraphic profiles in the Pirabeiraba river watershed, Santa Catarina, Brazil. The applied methodology was based on grain size and statistical analysis from the collected samples. The main results show that both profiles are very similar, despite the variations that occurred in the river flows, what means that the fluvial process were uniform in this part of the watershed.

**Keywords:** Grain size analysis, Fluvial flow, Pirabeiraba river.

**1. INTRODUÇÃO**

Estudos relacionados aos variados aspectos da dinâmica fluvial possuem importância relevante na geomorfologia, pois podem servir como subsídios que auxiliam na interpretação e compreensão de sistemas fluviais e processos ambientais. Nesse contexto se enquadram pesquisas relacionadas ao ciclo hidrossedimentológico e, conseqüentemente, aos processos de desagregação, transporte e deposição de sedimentos.

Grande parte das pesquisas que abordam o tema da dinâmica sedimentar considera como objeto de estudo a carga de sedimentos transportados e depositados no interior dos canais, isso ocorre devido ao fato de que o canal é o setor que concentra o maior volume da carga sedimentar disponível em um sistema fluvial. Contudo, o sedimento depositado nas margens merece a mesma atenção por parte dos pesquisadores, pois, a textura dos sedimentos marginais auxilia a inferir sobre a evolução no padrão do canal e na geometria da seção transversal (MEURER et al., 2011). Além disso, a margem do canal armazena sedimentos de diferentes momentos, servindo como um registro histórico de eventos pluviométricos e de condições climáticas que possibilitaram maior ou menor circulação de água na bacia.

De acordo com Christofolletti (1981), em momentos de cheia, a energia do escoamento aumenta com o maior volume de água, aumentando também o potencial para o transporte de sedimentos de maior diâmetro. Sendo assim, quando a vazão e a velocidade do fluxo diminuem, os sedimentos são depositados no leito e nas margens do rio.

Os sedimentos de margem ou de leito, em sua maioria, definem-se como sendo heterogêneos em relação à sua constituição granulométrica, ou seja, uma amostra pode apresentar desde partículas argilosas até areias grosseiras e seixos (SUGUIO, 1973). Nesse sentido, a análise granulométrica caracteriza-se como uma atividade importante na descrição dos sedimentos, pois seu resultado pode auxiliar no entendimento dos processos de transporte e deposição, assim como a energia do fluxo no local de amostragem, e as condições climáticas do momento, por exemplo.

Nesse contexto, é válido destacar que, de acordo com Dias (2004), a análise granulométrica é entendida como a determinação do diâmetro das partículas que constituem as amostras de sedimentos associada ao tratamento estatístico das mesmas. O autor afirma que essa análise permite equacionar elementos em relação à origem, ao transporte e aos ambientes deposicionais dessas partículas.

Para determinar com precisão a energia do fluxo de escoamento de um canal, existem metodologias baseadas em fórmulas empíricas, que consideram variáveis como viscosidade, massa específica da água, declividade, entre outros. Contudo, este trabalho não tem a pretensão de determinar índices de energia, mas sim de interpretar os momentos de variação energética por meio da observação e análise da textura dos sedimentos depositados em perfis de margem.

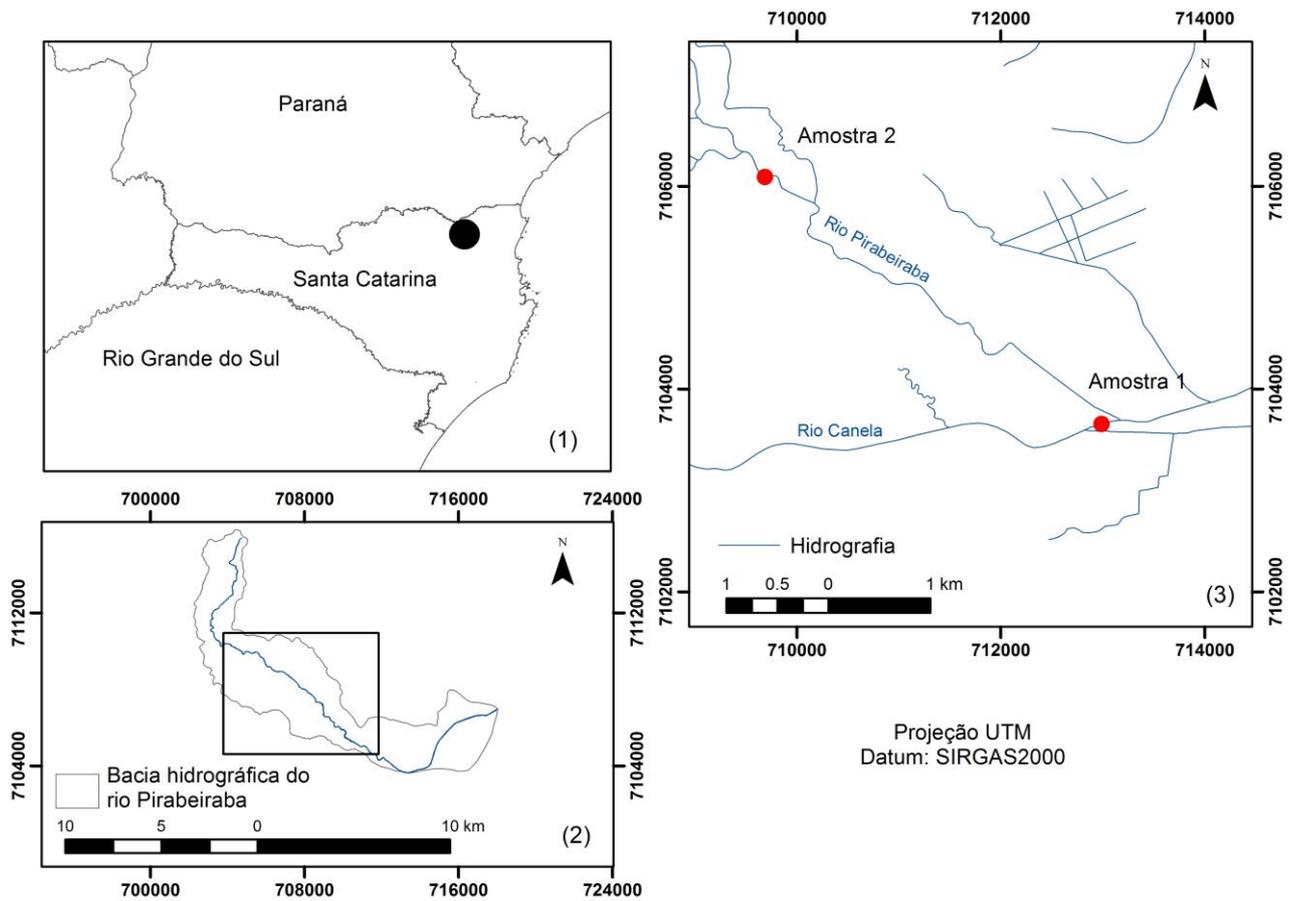
Deste modo, no presente trabalho pretende-se investigar os diferentes momentos de variação da energia do fluxo do rio Pirabeiraba, SC, com base em análise granulométrica comparativa de amostras de sedimentos coletados em perfis estratigráficos localizados em margens fluviais do seu baixo curso. Estudo realizado por Bigarella (1971) em diversos rios da zona costeira do país identificou a existência de diferenças granulométricas significativas em um perfil de margem fluvial no baixo curso do rio Pirabeiraba. Observações mais recentes em campo sugerem uma possível repetição de padrão deposicional em outros pontos ao longo deste rio.

## 2. ÁREA DE ESTUDO

A bacia do rio Pirabeiraba, com 58 km<sup>2</sup>, está inserida no contexto da área de contribuição hidrográfica do canal do Palmital, que constitui o braço norte da Baía da Babitonga. Localiza-se na região nordeste do estado de Santa Catarina (Figura 1), entre os municípios de Garuva e Joinville, situando-se entre as latitudes 26°3' e 26°10' Sul e longitudes 48°48' e 49°0' Oeste.

O rio Pirabeiraba, com nascentes situadas na cota de 1.188 metros e uma extensão de 27,5 quilômetros, possui cerca de 2/3 do seu percurso situado no ambiente escarpado da Serra do Mar, marcado por elevadas declividades, e o restante no trecho pouco declivoso que caracteriza a planície costeira, onde estão situados os pontos de amostragem.

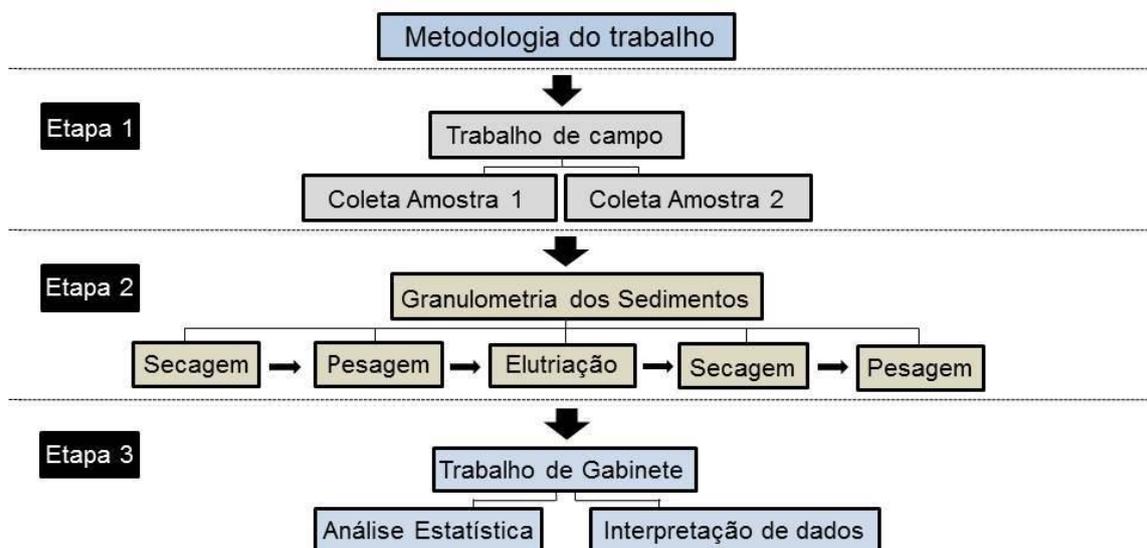
Segundo a Fundação do Meio Ambiente de Santa Catarina (2002), a presença da massa equatorial continental, que afeta a área de estudo, e que tem origem na planície amazônica, promove a ocorrência de temperaturas e umidade elevada, com intensa precipitação na forma de chuvas de convecção. O efeito orográfico da Serra do Mar promove a ampliação deste fenômeno, em especial entre os meses de dezembro e fevereiro (OLIVEIRA, 2006), estando sujeito a fluxos torrenciais ocasionais e conseqüentemente ao depósito dos sedimentos transportados na planície de inundação.



**Figura 1** – Localização da área de estudo e dos pontos de amostragem

### 3. MATERIAIS E MÉTODOS

O presente trabalho foi desenvolvido por meio de três etapas (Figura 2), que permitiram conhecer a área de estudo, coletar e analisar os dados e discutir os resultados obtidos.



**Figura 2** – Etapas do desenvolvimento do trabalho

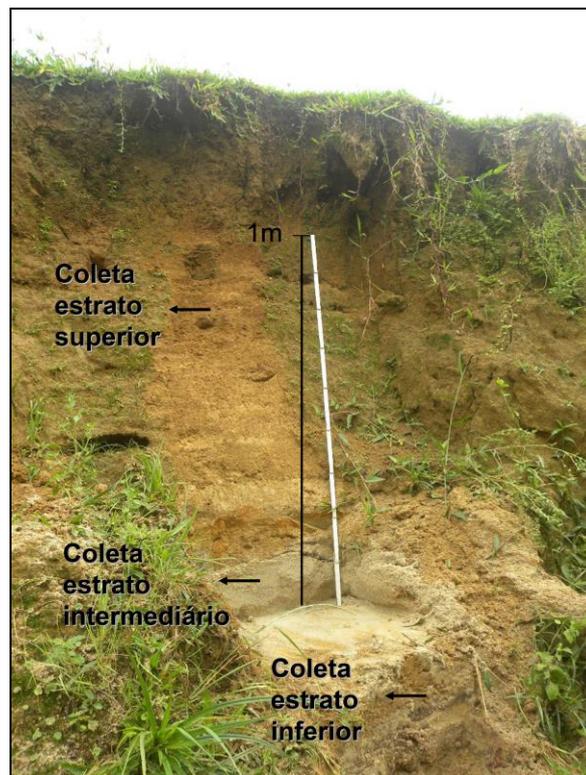
A primeira etapa corresponde ao reconhecimento do ambiente em estudo e à coleta das amostras dos sedimentos das margens dos canais de drenagem. Para tanto, foram preparados dois perfis estratigráficos. O primeiro perfil (amostra 1) localiza-se no atual leito do rio Canela, afluente da margem direita do rio Pirabeiraba, em ponto de coleta localizado próximo à foz. O segundo perfil (amostra 2), está localizado a 4 quilômetros a montante do primeiro, no rio Pirabeiraba. Embora ambos os perfis se situem em ambiente de planície costeira, o perfil 2, a montante, se encontra mais próximo das áreas fonte de sedimento, na Serra do Mar. Deve-se ressaltar que o local de coleta correspondente ao perfil 1 está situado em ponto extremo jusante do rio Canela, que teve seu curso alterado para tornar-se afluente direto do rio Pirabeiraba, por meio da construção de canal que atravessa a planície deposicional deste rio. Assim, apesar da amostragem ter sido efetuada em perfil do atual curso do rio Canela, em ponto distante cerca de 50 metros do rio Pirabeiraba, os sedimentos coletados correspondem de fato aos da planície deste rio.

A planície costeira, onde foram coletadas as amostras, é caracterizada pela presença de grandes extensões de áreas planas e com baixo gradiente altimétrico, o que possibilita o desenvolvimento de canais meandantes, contudo diversos segmentos foram retificados por intervenção humana. A área amostrada é hoje ocupada por pastagens e remanescentes de Mata Atlântica.

O perfil localizado no rio Canela, no qual foram coletadas as amostras em seu conjunto designadas como “amostra 1”, possui aproximadamente 4 metros de altura. A primeira camada (estrato inferior da amostra 1), localizada logo acima da linha d’água, possui espessura aproximada de 50 centímetros, com material clástico mais grosseiro, do tipo cascalho. Logo acima dessa, encontra-se uma camada areno-siltosa com espessura de aproximadamente 1 metro (estrato intermediário da amostra 1). Nesta camada ocorrem diversas subcamadas, com presença de matéria orgânica e resquícios de madeira, além de uma camada muito arenosa acima, de cor clara, com aproximadamente 25 centímetros. A camada superficial (estrato superior da amostra 1) possui aproximadamente 2 metros de altura e está associada a uma composição visualmente argilo-siltosa, cuja base apresenta mais areia, na transição com a camada arenosa subjacente.

A sequência estratigráfica observada neste ponto repete grosso modo o que se identifica em outros segmentos do rio Pirabeiraba no seu trecho de planície costeira, e mesmo em outros rios da região, o que confere representatividade ao conjunto de amostras coletado, a despeito do padrão meandrante original do rio Pirabeiraba.

A Figura 3 apresenta o primeiro ponto de coleta, na margem esquerda no rio Canela.



**Figura 3** – Pontos de amostragem do perfil 1  
**Fonte:** Os autores

O perfil do rio Pirabeiraba correspondente ao ponto de coleta do conjunto amostral 2, possui aproximadamente 5 metros de altura. No entanto, as amostras foram retiradas a partir de 2,5 metros da base, por falta de acessibilidade à porção inferior.

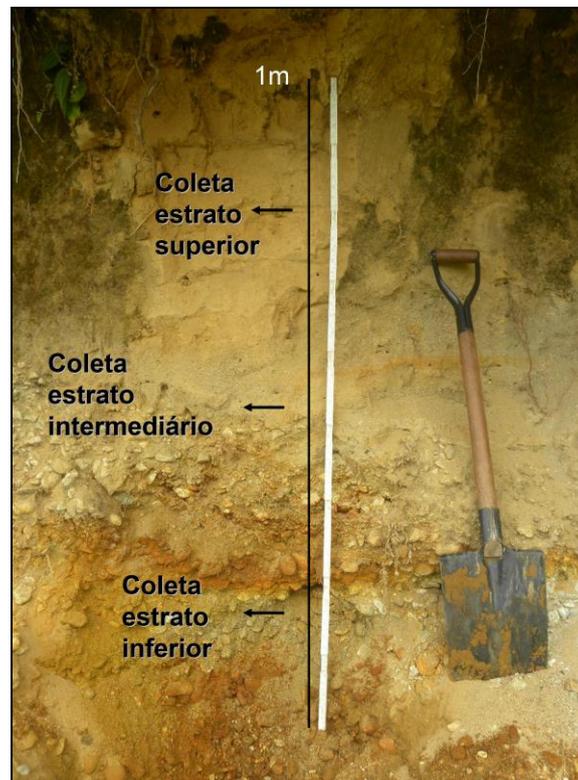
A primeira camada (estrato inferior da amostra 2) caracteriza-se pela presença de cascalho, com espessura entre 50 e 90 centímetros. A camada subjacente (estrato intermediário da amostra 2) constitui-se de material arenoso, com aproximadamente 30 a 40 centímetros de espessura, enquanto que a superior (estrato superior da amostra 2) possui material argilo-siltoso. O ambiente onde se situa este ponto amostral 2 apresenta características semelhantes às observadas no ponto 1 quanto ao padrão originalmente meandrante, com baixo gradiente.

As três camadas amostradas estão representadas na Figura 4.

A análise granulométrica foi efetuada no Laboratório de Estudos Sedimentológicos (LabESed) da Universidade Federal do Paraná (UFPR). Inicialmente as amostras foram secas a 50°C e pesadas. Optou-se por trabalhar com 100 gramas de cada amostra, exceto para o estrato inferior da amostra 2, no qual foi escolhido trabalhar com uma amostra maior, para não perder as proporções de materiais finos e grosseiros (próprios do estrato), devido à grande quantidade de seixos que apresentava.

Após a pesagem foi realizada a elutriação dos sedimentos para separação dos materiais finos (silte e argila) dos mais grosseiros (areias).

A separação granulométrica dos mais grosseiros foi realizada através do método do peneiramento a seco, por 15 minutos com agitador. As frações peneiradas das amostras foram separadas (Figura 5) e pesadas em balança analítica, e os resultados foram classificados na escala de Wentworth em: grânulo, areia muito grossa, areia grossa, areia média, areia fina, areia muito fina e finos (silte e argila) (SUGUIO, 1973).



**Figura 4** – Pontos de amostragem do perfil 2  
**Fonte:** Os autores



**Figura 5** – Frações granulométricas separadas de acordo com o peneiramento

A terceira e última etapa do trabalho consiste na análise estatística descritiva dos dados obtidos. Com o auxílio do programa “Excel”, foram construídos gráficos de frequências simples reagrupadas na classe de Wentworth e, posteriormente, obteve-se a correlação entre os estratos inferiores, intermediários e superiores das duas amostras.

#### 4. RESULTADOS E DISCUSSÕES

Apesar de os ambientes de coleta apresentarem semelhanças, os perfis onde foram coletadas as amostras apresentam algumas diferenças quanto à distribuição de material, principalmente no extrato inferior, este composto no perfil 2 em geral por material de maior diâmetro.

Após avaliação visual, foram conduzidas análises em laboratório que permitissem a obtenção de dados comparativos concretos. Desta maneira, foram obtidos os seguintes resultados, apresentados nas tabelas 1 e 2.

**Tabela 1** – Distribuição percentual das classes granulométricas dos estratos da Amostra 1 (perfil 1).

Estrato	Classe granulométrica (mm)				
	> 2 Grânulo	2- 0,500 Areia grossa	0,500 - 0,250 Areia média	0,250 - 0,062 Areia fina	< 0,062 Silte e argila
Superior	1,78	12,38	16,7	3,92	65,22
Intermediário	1,76	56,78	35,62	2,94	2,91
Inferior	19,54	28,21	10,22	2,86	39,18

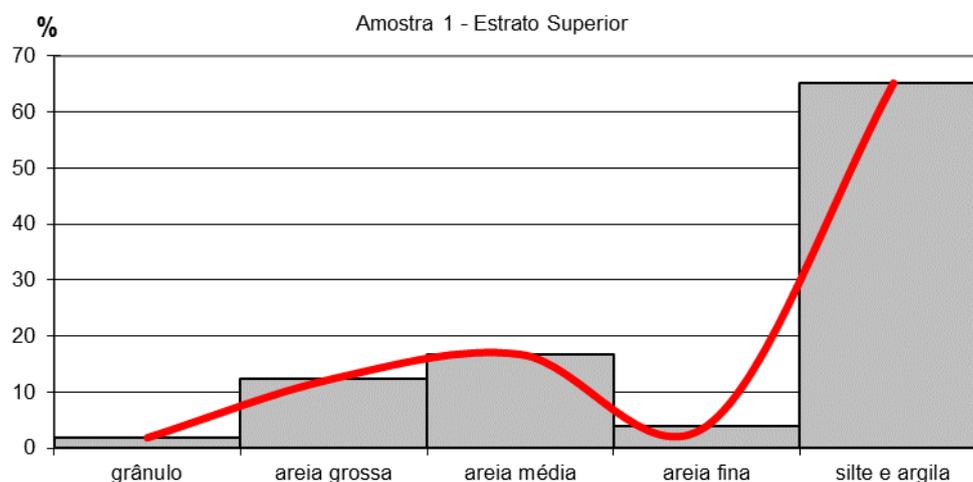
**Fonte:** Organizado pelos autores

**Tabela 2** - Distribuição percentual das classes granulométricas dos estratos da Amostra 2 (perfil 2).

Estrato	Classe granulométrica (mm)				
	> 2 Grânulo	2- 0,500 Areia grossa	0,500 - 0,250 Areia média	0,250 - 0,062 Areia fina	< 0,062 Silte e argila
Superior	3,15	11,06	29,26	1,97	54,56
Intermediário	5,75	73,68	19,20	0,60	0,77
Inferior	33,48	59,12	5,12	0,26	2,02

**Fonte:** Organizado pelos autores

A partir dos dados obtidos, foram construídos gráficos de frequências simples da amostra 1 (Figuras 6, 7, 8 e 9), nos quais é possível representar cada estrato, segundo sua classe granulométrica em porcentagens.



**Figura 6** - Frequência simples do estrato superior da amostra 1

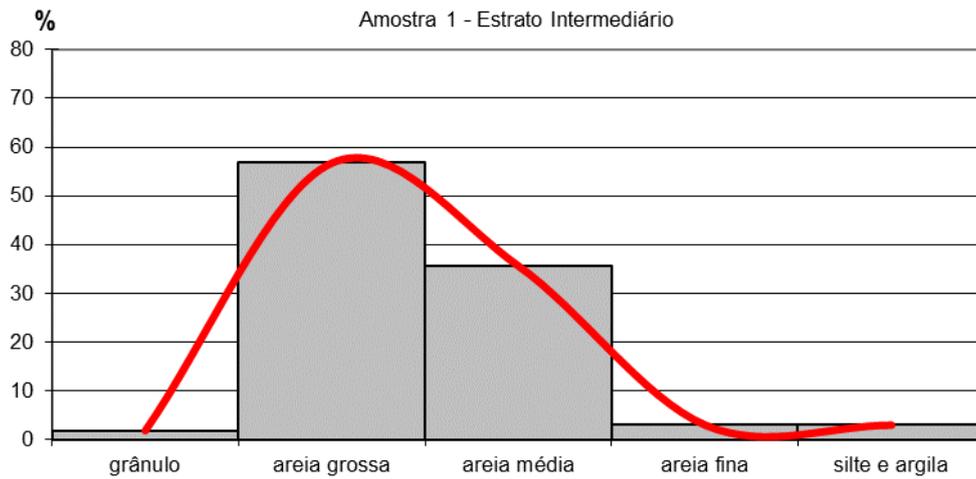


Figura 7 - Frequência simples do estrato intermediário da amostra 1

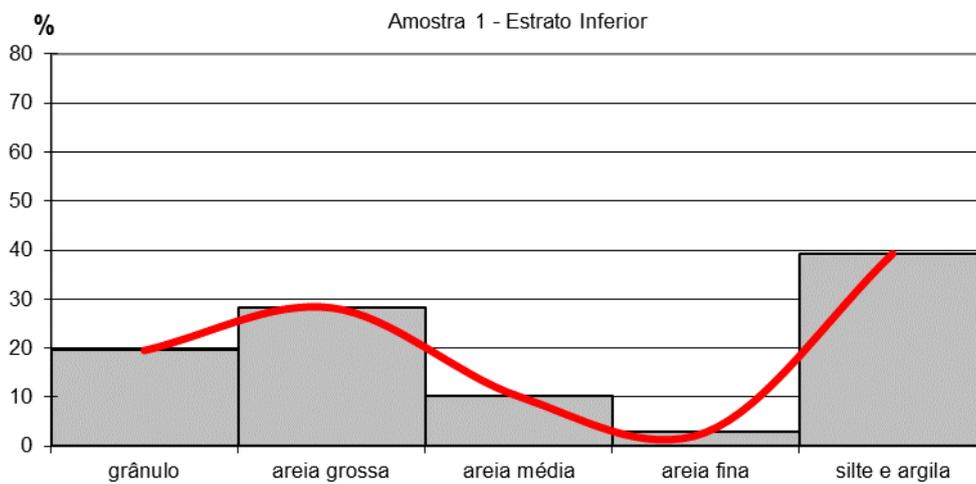


Figura 8 - Frequência simples do estrato inferior da amostra 1

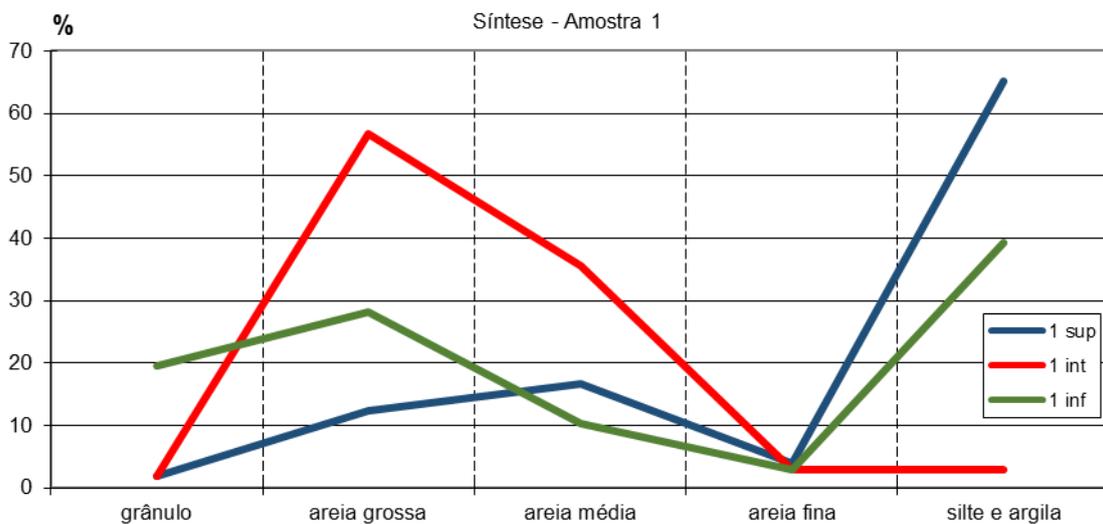


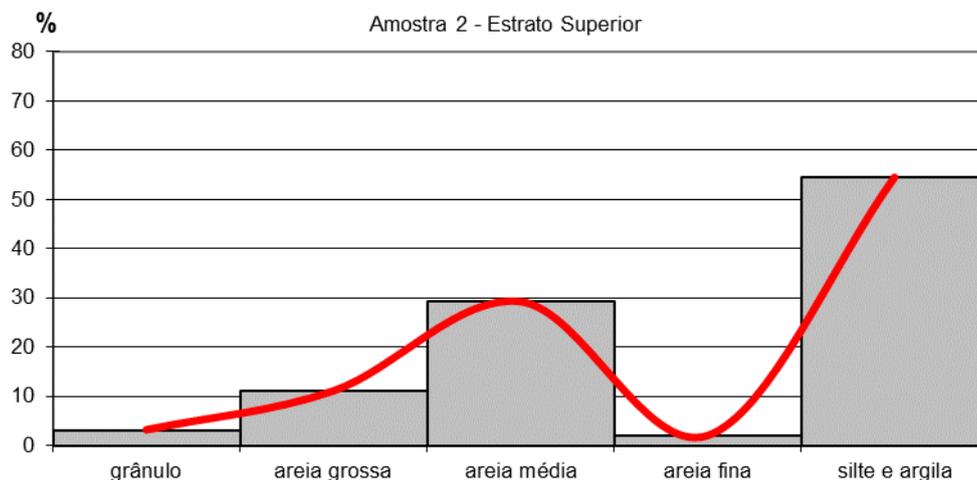
Figura 9 - Síntese da Amostra 1

Nota-se a predominância de silte e argila nos estratos superior (Figura 6) e inferior (Figura 8), chegando a acima de 60% neste primeiro. Já no estrato intermediário (Figura 7), predomina a fração granulométrica areia grossa (até 55%), o que indica que este rio passou por um período de menor energia de fluxo, seguido de um com maior energia e, posteriormente, voltou a assumir menor energia.

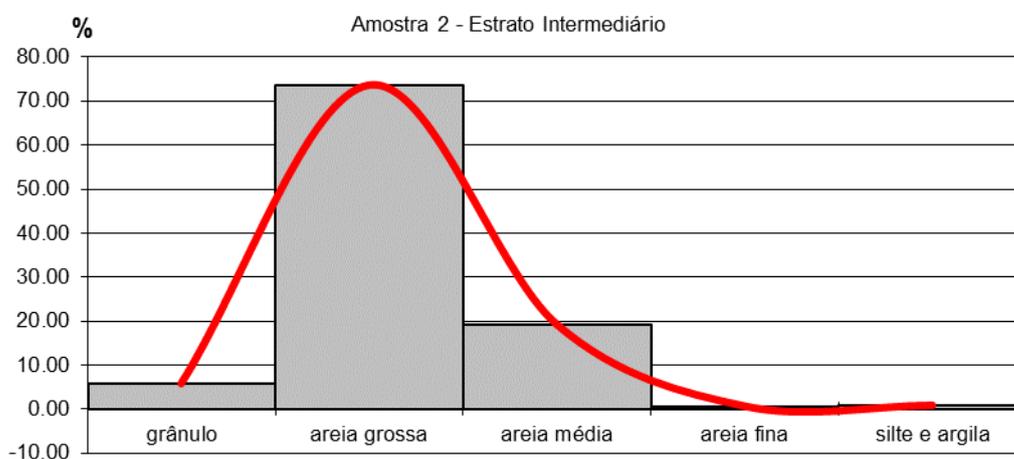
O período de maior equilíbrio do rio neste segmento, corresponde ao relacionado ao estrato inferior, na qual nota-se que a curva da frequência simples é a mais suave dentre as três, apesar de todas apresentarem assimetria.

Atualmente, verifica-se que este rio (ponto de coleta da amostra 1) possui baixa energia, devido aos sedimentos depositados em sua planície, com a predominância de areias finas, siltes e argilas.

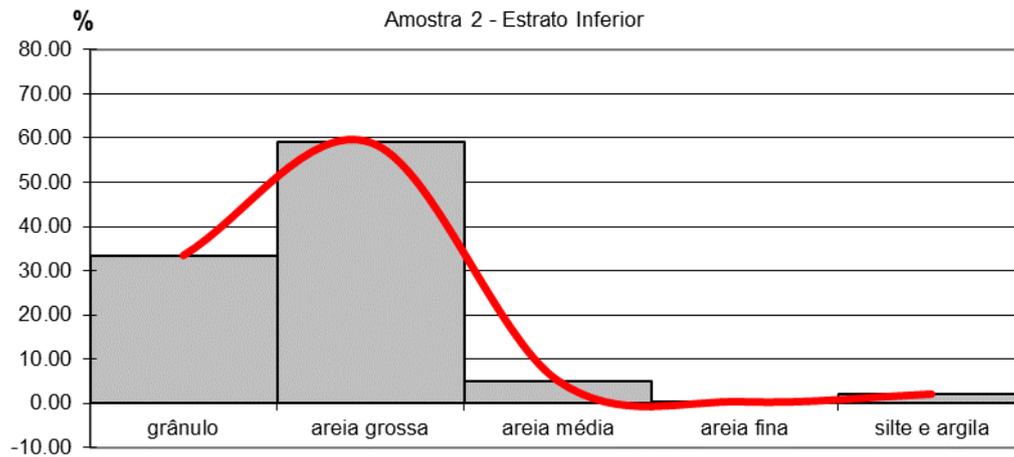
A frequência simples da amostra 2 é apresentada pelas Figuras 10, 11, 12 e 13.



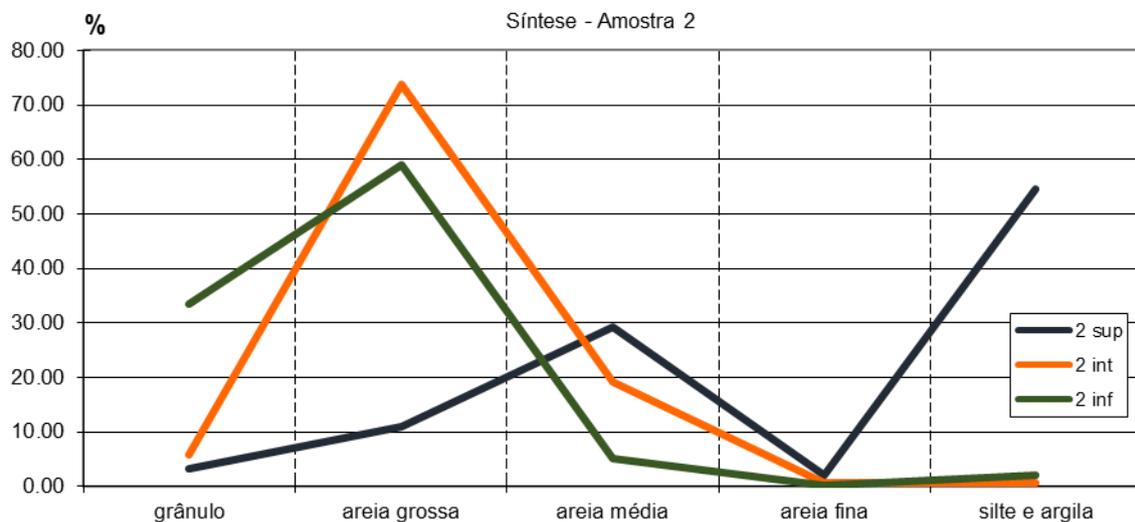
**Figura 10** - Frequência simples do estrato superior da amostra 2



**Figura 11** - Frequência simples do estrato intermediária da amostra 2



**Figura 12** - Frequência simples do estrato superior da amostra 2



**Figura 13** - Síntese da Amostra 2

Ambas as amostras foram coletadas na porção mediana da bacia, na qual as declividades são baixas, e há reduzida energia para o transporte de sedimentos.

Segundo Bigarella (1971), que também possui pesquisas desenvolvidas na mesma área, as camadas de areia e cascalho se apresentam em forma tabular, sendo depositadas sob condições climáticas mais rigorosas, num regime fluvial intermitente, caracterizado pela concentração de chuvas, enquanto que, os depósitos siltico-argilosos da parte superior foram depositados sob condições inteiramente distintas daquelas dos sedimentos subjacentes.

A Figura 10 corresponde ao estrato superior da amostra 2, a qual apresenta a menor energia registrada (comparando os três estratos). Já as Figuras 11 e 12, dos estratos intermediário e inferior, respectivamente, demonstram que a fração areia grossa é a que predomina, superando 70% no estrato intermediário.

De acordo com a Figura 13, comparando os três estratos, a areia grossa é a que predomina na maior parte do perfil, indicando que anteriormente o rio possuía mais energia de fluxo, porém, atualmente os depósitos sedimentares predominantes são os mais finos, o que indica redução de energia.

A correlação estatística entre os estratos superiores de ambas as amostras (1 e 2) é de 0,95, enquanto que seu valor é de 0,93 para os estratos intermediários e de 0,31 para os estratos inferiores. Tais dados sugerem uma sincronia da evolução dos perfis analisados, em especial dos estratos intermediários e superiores, e reforçam a idéia de mudanças no fluxo hídrico do rio Pirabeiraba, que podem estar associadas a diferentes momentos climáticos, segundo sugerido por Bigarella, no seu estudo efetuado em 1971.

## 5. CONCLUSÕES

Os estratos intermediários e superiores de ambos os pontos de amostragem apresentam as mesmas características, sendo o superior com maior presença de areia fina e o intermediário com areia grossa. Este fato demonstra que, a partir de um determinado momento, o rio Pirabeiraba começa a apresentar uma dinâmica relativamente semelhante em seu percurso na planície costeira.

Os resultados das análises granulométricas laboratoriais sugerem que a dinâmica sedimentológica ocorreu de modo proporcional no trecho de planície costeira da bacia do rio Pirabeiraba.

## REFERÊNCIAS

- ALMEIDA, B. T.; NUNES, J. O. R.; ROCHA, P. C. Caracterização e distribuição de carga sedimentar do leito do Ribeirão Palmito em Três Lagoas (MS). **In: Anais do VI Simpósio Nacional de Geomorfologia**, Goiânia/GO, 2006.
- BIGARELLA, J. J. **Variações Climáticas no Quaternário Superior do Brasil**. Universidade de São Paulo, 1971, 23 p.
- CHRISTOFOLETTI, A. **A mecânica do transporte fluvial**. São Paulo, editora da USP, 1977, 42 p.
- CHRISTOFOLETTI, A. **Geomorfologia fluvial**. 2ª Edição, São Paulo: E. Blücher, 1981.
- DIAS, J. A.; **A análise sedimentar e conhecimento dos sistemas marinhos** (Uma Introdução à Oceanografia Geológica). Edição Preliminar, Universidade do Algarve, 2004, 84 p.
- MEURER, M.; BRAVARD, J. P.; STEVEAUX, J. C. Granulometria dos sedimentos marginais do Rio Ivaí com vistas à compreensão da dinâmica hidro-sedimentar montante-jusante. **Revista Brasileira de Geomorfologia**, v.12, n. 1, 2011.

OLIVEIRA, F. **Estudo do aporte sedimentar em suspensão na Baía da Babitonga sob a ótica da geomorfologia.** 320 f. Tese (Doutorado em Geografia), Faculdade de Filosofia, Letras e Ciências Humanas, Departamento de Geografia, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2006.

FATMA – Fundação do Meio Ambiente de Santa Catarina. **Atlas Ambiental da Região de Joinville – Complexo Hídrico da Bahía da Babitonga.** Florianópolis, FATMA/GTZ, 2002. 139 p.

SUGUIO, K. **Introdução à sedimentologia.** 1ª Edição, São Paulo, Edgard Blucher Ltda. 1973, 317 p.

SILVEIRA, W. N.; KOBAYAMA, M.; GOERL, R. F.; BRANDENBURG, B. **História das inundações em Joinville 1851 – 2008.** Ed.1ª, Curitiba – PR, 2009.