

**UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA “JÚLIO DE MESQUITA FILHO”
CAMPUS DE ILHA SOLTEIRA**

GEOVANI FERREIRA

**APLICAÇÃO DE FERRAMENTAS COMPUTACIONAIS PARA AUXILIAR
ESTUDOS DE PROCESSOS EROSIVOS EM PRAIAS ARENOSAS: UM SUBSÍDIO
PARA AÇÃO DE APOIO A GESTÃO INTEGRADA DA BACIA HIDROGRÁFICA
COM A ZONA COSTEIRA**

Ilha Solteira - SP
2025



GEOVANI FERREIRA

**APLICAÇÃO DE FERRAMENTAS COMPUTACIONAIS PARA AUXILIAR
ESTUDOS DE PROCESSOS EROSIVOS EM PRAIAS ARENOSAS: UM SUBSÍDIO
PARA AÇÃO DE APOIO A GESTÃO INTEGRADA DA BACIA HIDROGRÁFICA
COM A ZONA COSTEIRA**

Dissertação apresentada à Universidade Estadual Paulista (UNESP), Faculdade de Engenharia de Ilha Solteira, como parte dos requisitos para obtenção do título de Mestre em Gestão e Regulação de Recursos Hídricos.

Área de Concentração: Instrumentos da Política de Recursos Hídricos

Orientador(a): Prof. Dr. Geraldo de Freitas Maciel

Coorientador(a): Prof.^a Dr.^a Fabiana de Oliveira Ferreira

Ilha Solteira - SP

2025

FICHA CATALOGRÁFICA

Desenvolvida pela Diretoria Técnica de Biblioteca e Documentação

F383a Ferreira, Geovani.
Aplicação de ferramentas computacionais para auxiliar estudos de processos erosivos em praias arenosas: um subsídio para ação de apoio a gestão integrada da bacia hidrográfica com a zona costeira / Geovani Ferreira. -- Ilha Solteira: [s.n.], 2025
171 f. : il.

Dissertação (mestrado) - Universidade Estadual Paulista. Faculdade de Engenharia de Ilha Solteira. Área de conhecimento: Instrumentos de Política de RH, 2025

Orientador: Geraldo de Freitas Maciel
Coorientador: Fabiana Oliveira Ferreira
Inclui bibliografia

1. Ferramentas computacionais. 2. Erosão costeira. 3. Processos sedimentares. 4. Bacia hidrográfica.

IMPACTO POTENCIAL DESTA PESQUISA

Considera-se um importante impacto científico desta pesquisa o fato de promover maior visibilidade dos estudos de processos erosivos e dinâmica de transporte de sedimentos nos programas de planos de bacia hidrográfica, que atuam como ações de apoio, alinhando-se perfeitamente com a proposta de gestão integrada da bacia hidrográfica com a Zona Costeira.

A aplicação das ferramentas computacionais desenvolvidas por meio de código aberto em *VBA (Visual Basic for Applications)* que significa que, além de completamente gratuito, pode ser livremente modificado e aperfeiçoado, sendo de fácil utilização na automatização das etapas que compreendem desde as análises laboratoriais aos resultados estatísticos da distribuição das frações dos sedimentos.

Assim, considera-se um impacto tecnológico a sua aplicação no estudo da dinâmica de transporte de sedimentos e nas análises granulométricas. Além disso as ferramentas possibilitam determinar os parâmetros texturais em cada perfil praial, e criar matrizes de comparação que auxiliam na identificação de processos sedimentares predominantes e nos indicadores de erosão costeira.

Espera-se que através da aplicação das ferramentas computacionais nos estudos de processos erosivo, gere impacto econômico, visto que tornar cada vez mais célere e prático a elaboração de mapas de risco à erosão costeira, sirvam de ferramenta estratégica de ação pelo poder público para alcançar melhorias na infraestrutura na região costeira.

Um esperado impacto econômico também traz vantagens sociais, afirmar que as bacias hidrográficas litorâneas e zonas costeiras adjacentes devam estar integradas como unidade de gestão ambiental, serve de base para articulação e compatibilização de políticas que procuram levar o desenvolvimento econômico e social associado à preservação ambiental.

No que concerne aos Objetivos do Desenvolvimento Sustentável, essa pesquisa pode colaborar para previsão e identificação de efeitos causados por processos erosivos como: danos às obras de saneamento (ODS 6), danos estruturais à dutos enterrados (emissários submarinos), o recuo da linha de costa da praia que prejudica os ecossistemas costeiros (ODS 14) e aos efeitos da mudança climática (ODS 13) nos ambientes costeiros.

POTENTIAL IMPACT OF THIS RESEARCH

An important scientific impact of this research is the fact that it promotes greater visibility of studies on erosion processes and sediment transport dynamics in river basin planning programs, which act as support actions, perfectly aligning with the proposal for integrated management of the river basin with the Coastal Zone.

The application of computational tools developed through open code in VBA (Visual Basic for Applications), which means that, in addition to being completely free, it can be freely modified and improved, being easy to use in the automation of steps that include everything from laboratory analyses to statistical results of the distribution of sediment fractions.

Therefore, its application in the study of sediment transport dynamics and granulometric analyses is considered to have a technological impact. In addition, the tools make it possible to determine the textural parameters in each beach profile and create comparison matrices that help in the identification of predominant sedimentary processes and indicators of coastal erosion.

It is expected that the application of computational tools in studies of erosion processes will generate an economic impact, since it will make the preparation of coastal erosion risk maps increasingly faster and more practical, serving as a strategic tool for action by the government to achieve improvements in infrastructure in the coastal region.

An expected economic impact also brings social advantages, stating that coastal river basins and adjacent coastal areas should be integrated as an environmental management unit, serving as a basis for the articulation and compatibility of policies that seek to lead to economic and social development associated with environmental preservation.

Regarding the Sustainable Development Goals, this research can contribute to the prediction and identification of effects caused by erosion processes such as: damage to sanitation works (SDG 6), structural damage to buried pipelines (submarine emissaries), the retreat of the beach coastline that harms coastal ecosystems (SDG 14) and the effects of climate change (SDG 13) on coastal environments.

CERTIFICADO DE APROVAÇÃO

TÍTULO DA DISSERTAÇÃO: APLICAÇÃO DE FERRAMENTAS COMPUTACIONAIS PARA AUXILIAR ESTUDOS DE PROCESSOS EROSIVOS EM PRAIAS ARENOSAS: UM SUBSÍDIO PARA AÇÃO DE APOIO À GESTÃO INTEGRADA DA BACIA HIDROGRÁFICA COM A ZONA COSTEIRA

AUTOR: GEOVANI FERREIRA

ORIENTADOR: GERALDO DE FREITAS MACIEL

Aprovado como parte das exigências para obtenção do Título de Mestre em Gestão e Regulação de Recursos Hídricos, área: Regulação e Governança de Recursos Hídricos pela Comissão Examinadora:



Documento assinado digitalmente

GERALDO DE FREITAS MACIEL

Data: 10/11/2025 17:18:40-0300

Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Prof. Dr. GERALDO DE FREITAS MACIEL (Participação Virtual)
Departamento de Engenharia Civil / Faculdade de Engenharia de Ilha Solteira - UNESP



Documento assinado digitalmente

CRISTIANO POLETO

Data: 09/11/2025 10:54:11-0300

Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Prof. Dr. CRISTIANO POLETO (Participação Virtual)
Departamento de Hidromecânica e Hidrologia / Universidade Federal do Rio Grande do Sul - UFRGS



Documento assinado digitalmente

TIAGO ZENKER GIRELI

Data: 10/11/2025 14:58:07-0300

Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Prof. Dr. TIAGO ZENKER GIRELI (Participação Virtual)
Departamento de Recursos Hídricos / Universidade Estadual de Campinas - UNICAMP

Ilha Solteira, 16 de setembro de 2025

DEDICATÓRIA

Dedico este trabalho a todo o curso de Mestrado Profissional em Rede Nacional em Gestão e Regulação de Recursos Hídricos – ProfÁgua – da Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho” – UNESP.

AGRADECIMENTOS

Quero iniciar expressando os meus agradecimentos ao Prof. Dr. Geraldo de Freitas Maciel pela orientação deste trabalho.

Da mesma forma, quero agradecer sinceramente a Prof.^a Dr.^a Fabiana de Oliveira Ferreira pela sua coorientação neste trabalho.

Aos colegas do Programa em Rede de Mestrado Profissional Gestão e Regulação de Recursos Hídricos – ProfÁgua, a minha gratidão pelo tempo em que estivemos juntos durante o curso, onde podemos desenvolver a amizade e ter momentos de agradáveis discussões.

Aos funcionários do Laboratório de Análises Geológicas (LABGEO) - Núcleo de Geociências, Gestão de Risco e Monitoramento Ambiental do Instituto de Pesquisas Ambientais do Estado de São Paulo.

Ao meu filho Vinícius, a minha gratidão por suportar a minha ausência neste período de crescimento, quando necessita tanto da minha companhia.

Também à minha esposa Sandra, desejo expressar a minha gratidão pelo apoio e paciência nos momentos sem a minha presença.

O presente trabalho foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - Brasil (CAPES) - Código de Financiamento 001 e da Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico (ANA) através do Convênio CAPES/UNESP N°.951420/2023. Agradeço ao Programa de Mestrado Profissional em Rede Nacional em Gestão e Regulação de Recursos Hídricos - ProfÁgua, pelo apoio técnico científico aportado até o momento.

Agradecimentos ao apoio do Laboratório de Análises Geológicas (LABGEO) - Núcleo de Geociências, Gestão de Risco e Monitoramento Ambiental do Instituto de Pesquisas Ambientais do Estado de São Paulo.

RESUMO

Estudos sobre a erosão costeira no estado de São Paulo utilizam a comparação de parâmetros texturais e morfométricos de perfis praias ao longo do tempo para identificar processos erosivos. A análise desses dados em matrizes temporais permite identificar áreas em risco de erosão e fornecem subsídios para o planejamento integrado da bacia hidrográfica com a zona costeira, uma vez que seus efeitos impactam diretamente a questão do saneamento básico e da balneabilidade das praias (ODS 6) na bacia costeira. Os resultados desses estudos ajudam a subsidiar decisões estratégicas de enfrentamento aos impactos das mudanças climáticas (ODS 13) e da conservação dos oceanos (ODS 14). Diante disso, o objetivo desse trabalho é comprovar a utilidade de um pacote de ferramentas computacionais desenvolvido na linguagem *Visual Basic for Applications*, que aplicada a um modelo preditivo de células de deriva litorânea, seja capaz de automatizar e reduzir o tempo de execução do processo para obtenção dos parâmetros morfotexturais, gerar matrizes de comparação e sintetizar resultados para identificação de processos sedimentares. Para validar experimentalmente a aplicação das ferramentas computacionais foram utilizados os dados morfométricos e dados obtidos de análises laboratoriais dos sedimentos dos perfis das praias da Enseada, no Guarujá, e de Itaguapé, em Bertioga, localizadas na Bacia Hidrográfica da Baixada Santista -SP (UGRHI-7). Para as análises sedimentológicas adotou-se a metodologia de análise granulométrica. Os dados analíticos foram inseridos em *Frames* de entrada de um formulário analítico. Esses dados foram em seguida calculados, exportados e convertidos em informações numéricas e gráficas, seguindo diversos equacionamentos para determinação dos parâmetros estatísticos. Matrizes computacionais executaram tarefas repetitivas, sequências de ações e cálculos complexos de forma rápida e precisa na identificação de processos sedimentares. Os resultados obtidos indicaram ser satisfatórios, pois apresentaram aproximação de 99,5% a 100% com os resultados do estudo de suscetibilidade à erosão para o Estado de São Paulo, além disso os indicadores de performance demonstraram ótima capacidade de resposta de processamento com grandes volumes de dados, garantindo o desempenho das ferramentas computacionais.

Palavras-chave: ferramentas computacionais; erosão costeira; processos sedimentares; bacia hidrográfica.

ABSTRACT

Studies on coastal erosion in the state of São Paulo compare textural and morphometric parameters of beach profiles over time to identify erosion processes. Analyzing these data in temporal matrices allows for the identification of areas at risk of erosion and provides support for integrated planning of the river basin and coastal zone, since its effects directly impact basic sanitation and beach bathing conditions (SDG 6) in the coastal basin. The results of these studies help inform strategic decisions to address the impacts of climate change (SDG 13) and ocean conservation (SDG 14). Therefore, the objective of this work is to demonstrate the usefulness of a package of computational tools developed in Visual Basic for Applications. Applied to a predictive model of longshore drift cells, it can automate and reduce the execution time of the process for obtaining morphotextural parameters, generating comparison matrices, and synthesizing results for identifying sedimentary processes. To experimentally validate the application of the computational tools, morphometric data and data obtained from laboratory analyses of sediment profiles from the beaches of Enseada, in Guarujá, and Itaguapé, in Bertioga, located in the Baixada Santista River Basin (UGRHI-7), were used. For the sedimentological analyses, the granulometric analysis methodology was adopted. The analytical data were entered into input frames of an analytical form. These data were then calculated, exported, and converted into numerical and graphical information, following several equations to determine the statistical parameters. Computational matrices performed repetitive tasks, sequences of actions, and complex calculations quickly and accurately to identify sedimentary processes. The results obtained were satisfactory, as they were 99.5% to 100% close to the results of the erosion susceptibility study for the State of São Paulo. Furthermore, the performance indicators demonstrated excellent processing response capacity with large volumes of data, ensuring the performance of the computational tools.

Keywords: computational tools; coastal erosion; sedimentary processes; river basin.

LISTA DE EQUAÇÕES

Equação 1 – Relação Profundidade de água x Comprimento de onda.....	30
Equação 2 – Cálculo Diferença Percentual das Duplicatas (RPD).....	61
Equação 3 – Teor de água.....	64
Equação 4 – Massa de material úmido a ser utilizada.....	65
Equação 5 – Teor de carbonato de cálcio (CaCO ₃) em sedimentos	66
Equação 6 – Coeficiente de arrasto.....	68
Equação 7 – Velocidade de sedimentação.....	68
Equação 8 – Tempo de pipetagem.....	69
Equação 9 – Modelo estatístico de incerteza combinada.....	69
Equação 10 – Equação proposta por Krumbein (1934)	72
Equação 11 – Diâmetro Médio de uma distribuição Granulométrica.....	73
Equação 12 – Desvio Padrão de uma distribuição Granulométrica	74
Equação 13 – Grau de Assimetria de uma distribuição Granulométrica	75
Equação 14 – Grau de Curtose de uma distribuição Granulométrica	76
Equação 15 – Z -Test para determinar o sentido do transporte	83

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 — Instrumentos de Gestão de Recursos Hídricos	29
Figura 2 — Gestão Integrada de Recursos Hídricos	30
Figura 3 — Mapa de erosão costeira monitorados no Estado de São Paulo	32
Figura 4 — Refração de ondas	36
Figura 5 — Difração de ondas propagando-se em direção a uma estrutura	37
Figura 6 — Dinâmica de transporte de sedimentos no ambiente costeiro	38
Figura 7 — Balanço sedimentar de uma praia	40
Figura 8 — Áreas do objeto de estudo: Baixada Santista - São Paulo	48
Figura 9 — Localização dos perfis – Praia da Enseada - Guarujá - SP	50
Figura 10 — Localização dos perfis – Praia do Itaguapé - Bertioga - SP	52
Figura 11 — Mapa Geológico da Bacia Hidrográfica da Baixada Santista	54
Figura 12 — Mapa Geomorfológico da Bacia Hidrográfica da Baixada Santista	55
Figura 13 — Distribuição pluviométrica da estação E3-043-PEREQUE	57
Figura 14 — Distribuição pluviométrica da estação E3-040 - USINA ITATINGA	58
Figura 15 — Preia-mar e baixa-mar. Nível médio do mar (NMM)	59
Figura 16 — Marés vivas ou sizígia durante as fases de lua cheia (esq.) e nova (dir.)	60
Figura 17 — Marés de quadratura nas fases de lua minguante (esq.) e crescente (dir.)	60
Figura 18 — Localização dos perfis de monitoramento (estações amostrais)	64
Figura 19 — Amostras acondicionadas em sacos plásticos	65
Figura 20 — Medição dos parâmetros morfológicos	65
Figura 21 — Esquema amostral usado para o cálculo da incerteza	69
Figura 22 — Fluxograma das etapas de análise das amostras de sedimentos	71
Figura 23 — Etapas de Tratamento do sedimento contendo Carbonato de Cálcio...74	74
Figura 24 — Conjunto de peneiras com aberturas específicas	75
Figura 25 — Fontes de incerteza da medição das frações granulométricas	77
Figura 26 — Interpolação linear para o cálculo dos percentis dos pesos acumulados	80
Figura 27 — Representação do sistema praial	85
Figura 28 — Leitura do posicionamento e largura do perfil praial	86
Figura 29 — Leitura da declividade no perfil praial	86

Figura 30 — Testes estatísticos aplicados aos parâmetros morfotexturais	87
Figura 31 — Componentes da corrente Longitudinal	88
Figura 32 — Comparação das características morfotexturais em dois perfis.....	89
Figura 33 — Matriz do método de identificação de células de deriva litorânea	90
Figura 34 — Caracterização da Dinâmica de Transporte a partir do modelo.....	91
Figura 35 — Acesso ao Visual Basic Editor pela Guia “Desenvolvedor”	93
Figura 36 — Inserindo módulo pela barra de menu do Visual Basic Editor (VBE)	94
Figura 37 — Inserindo variáveis “LIN” e “TOTlin” com variável tipo “Long”	94
Figura 38 — Inserindo um “Userform” no VBAProject.....	95
Figura 39 — Acessando a caixa de ferramentas do “Userform”	95
Figura 40 — Acessando ‘Janela ‘Propriedades’ do Userform	96
Figura 41 — Controle “Label” para nomear parâmetros no “UseForm “	97
Figura 42 — Nomeando os rótulos do “UserForm”	97
Figura 43 — Rótulos dos parâmetros analíticos inseridos no “UserForm”	98
Figura 44 — Inserindo e nomeando as caixas de Texto dos Rótulos	98
Figura 45 — Controle para inserir botões de comando.....	99
Figura 46 — Nomeando botões de comando em “Propriedades”	99
Figura 47 — Controle para inserir botões de opção	100
Figura 48 — Nomeando botões de opção em “Propriedades”	100
Figura 49 — Método para ativar formulário “Userform”	101
Figura 50 — Planilha com preenchimento automático por meio do UserForm	101
Figura 51 — Botão de comando para acessar o Formulário de Importação	102
Figura 52 — Botões de comando do Formulário de exportação do “Gran.Sed”	103
Figura 53 — Comando para acessar a função “ESTATÍSTICA”	104
Figura 54 — Relatório Estatístico gerado a partir do formulário de importação	105
Figura 55 — Código no VBA para o filtro avançado de tabela com critérios	106
Figura 56 — Botão de Comando para acessar a lista local do filtro de dados	107
Figura 57 — Filtro avançado aplicado ao banco de dados	107
Figura 58 — Comandos para gerar matriz de comparação	108
Figura 59 — Matriz de comparação entre parâmetros morfotexturais por campanha	108
Figura 60 — Exemplo de Síntese dos resultados identificados nos perfis praias...	111
Figura 61 — Histograma dos tamanhos dos grãos-Praia da Enseada (Zona Emersa)	118

Figura 62 — Histograma dos tamanhos dos grãos-Praia da Enseada (Zona Submersa)	118
Figura 63 — Histograma dos tamanhos dos grãos-Praia do Itaguapé (Zona Emersa)	119
Figura 64 — Histograma dos tamanhos dos grãos-Praia do Itaguapé (Zona Submersa)	119
Figura 65 — Média dos tamanhos dos grãos x Inclinação (Enseada – Zona Emersa)	122
Figura 66 — Coef.Correl.Tamanho de Grãos x Inclinação (Enseada -Zona Emersa)	123
Figura 67 — Média dos tamanhos dos grãos x Inclinação (Enseada – Zona Submersa)	123
Figura 68 — Coef.Correl. Tamanho de Grãos x Inclinação (Enseada -Zona Submersa)	124
Figura 69 — Média dos tamanhos dos grãos x Inclinação (Itaguapé- Zona Emersa)	125
Figura 70 — Coef.Correl. - Tamanho de Grãos x Inclinação (Itaguapé- Zona Emersa)	125
Figura 71 — Coef.Corr - Tamanho de Grãos x Desvio P. (Enseada – Zona Emersa)	126
Figura 72 — Coef.Corr - Tamanho de Grãos x Desvio P. (Enseada – Zona Submersa)	126
Figura 73 — Coef.Correl. - Tamanho de Grãos x Desvio P. (Itaguapé Zona Emersa)	128
Figura 74 — Coef.Correl. -Tamanho de Grãos x Desvio P. (Itaguapé Zona Submersa)	128
Figura 75 — Frequência do tipo de Assimetria - Praia da Enseada – Zona Emersa	130
Figura 76 — Coef.Correlação. Média x Assimetria – Praia da Enseada – Zona Emersa	131
Figura 77 — Frequência do tipo de Assimetria - Praia da Enseada – Zona Submersa	131
Figura 78 — Coef.Correl. Média x Assimetria – Praia da Enseada – Zona Submersa	132

Figura 79 — Frequência do tipo de Assimetria - Praia do Itaguapé – Zona Emersa	133
Figura 80 — Coef.Correl. - Média x Assimetria – Praia do Itaguapé – Zona Emersa	133
Figura 81 — Frequência do tipo de Assimetria - Praia do Itaguapé – Zona Submersa	134
Figura 82 — Coef.Correl. - Média x Assimetria – Praia do Itaguapé – Zona Submersa	134
Figura 83 — Grau de afastamento ($\phi - d\phi$) x Assimetria – P. Enseada – Zona Emersa	135
Figura 84 — Grau de afastamento ($\phi - d\phi$) x Assimetria – P.Enseada – Zona Submersa	135
Figura 85 — Grau de afastamento ($\phi - d\phi$) x Assimetria – P. Itaguapé – Zona Emersa	136
Figura 86 — Grau de afastamento ($\phi - d\phi$) x Assimetria – P.Itaguapé – Zona Submersa	136
Figura 87 — Frequência do grau de curtose – Praia da Enseada (Guarujá – SP)..	137
Figura 88 — Grau de seleção nas curvas Leptocúrticas – Praia da Enseada	138
Figura 89 — Frequência do grau de curtose – Praia do Itaguapé.....	138
Figura 90 — Grau de seleção nas curvas Mesocúrticas – Praia do Itaguapé.....	139
Figura 91 — Valores do Z-teste do modelo de Mc Laren – Praia da Enseda	143
Figura 92 — Valores do Z-teste do modelo de Mc Laren – Praia do Itaguapé	145
Figura 95 — Espacialização das células de deriva litorânea: Processos sedimentares predominantes – Praia da Enseda	152
Figura 96 — Espacialização das células de deriva litorânea: Processos sedimentares predominantes – Praia do Itaguapé	155
Figura 97 — Onze (11) tipos de indicadores de erosão costeira crônica	161

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 — Indicadores de erosão costeira monitorados no Estado de São Paulo..	31
Tabela 2 — Causas naturais e antrópicas da erosão costeira no Brasil	42
Tabela 3 — Demanda de dados para caracterização morfotextural dos perfis praias	48
Tabela 4 — Coordenadas Geográficas dos perfis da Praia da Enseada - Guarujá- SP	51
Tabela 5 — Coordenadas Geográficas dos perfis da Praia do Itaguapé - Bertioga-SP	53
Tabela 6 — Dados pluviométricos (mm) da estação E3-043 – PEREQUE.....	56
Tabela 7 — Dados pluviométricos (mm) da estação E3-040 - USINA ITATINGA.....	57
Tabela 8 — Amplitude das Marés de Quadratura nas áreas de estudo	61
Tabela 9 — Parâmetros morfométricos (Emersa) da Praia Enseada (Guarujá-SP)..	66
Tabela 10 — Parâmetros morfométricos (Submersa) da Praia Enseada (Guarujá-SP)	67
Tabela 11 — Parâmetros morfométricos (Emersa) da Praia Itaguapé (Bertioga -SP)	68
Tabela 12 — Massa de material seco desejada.....	72
Tabela 13 — Limites de classificação do grau de seleção	82
Tabela 14 — Limites de classificação da assimetria	83
Tabela 15 — Limites de classificação da curtose.....	84
Tabela 16 — Macros atribuídas aos botões de comando vinculadas ao “GEOGRAIN”	103
Tabela 17 — Condição estabelecida para a Matriz de comparação conforme método morfosedimentológico	110
Tabela 18 — Resultados das Incertezas da medição (k=2; NC = 95,45%) aos ensaios da distribuição granulométrica – Praia da Enseada (Guarujá – SP)	112
Tabela 19 — Resultados das Incertezas da medição (k=2; NC = 95,45%) aos ensaios da distribuição granulométrica – Praia do Itaguapé (Bertioga – SP).....	112
Tabela 20 — Média do tamanho dos grãos e classificação Textural – Praia da Enseada Zona Emersa (Guarujá -SP).....	114
Tabela 21 — Média do tamanho dos grãos e classificação Textural – Praia da Enseada – Zona Submersa (Guarujá -SP).....	115

Tabela 22 — Média do tamanho dos grãos e classificação Textural – Praia do Itaguapé Zona Emersa (Bertioga -SP)	116
Tabela 23 — Média do tamanho dos grãos e classificação Textural – Praia do Itaguapé – Zona Submersa (Bertioga -SP)	117
Tabela 24 — Resultado do teste de Shapiro-Wilk para as médias	121
Tabela 25 — Grau de seleção do sedimento pelo desvio padrão – Praia da Enseada – Zona Emersa (Guarujá -SP).....	127
Tabela 26 — Grau de seleção do sedimento pelo desvio padrão – Praia do Itaguapé (Bertioga -SP).....	129
Tabela 27 — Número de tendências indicativas de transporte - Praia da Enseada	142
Tabela 28 — Número de tendências indicativas de transporte - Praia do Itaguapé.	144
Tabela 29 — Avaliação da Comparação entre as matrizes - Praia da Enseada – Guarujá -SP.....	147
Tabela 30 — Avaliação da Comparação entre as matrizes - Praia do Itaguapé – Bertioga -SP.....	147
Tabela 31 — Síntese gerada pela ferramenta computacional dos resultados da aplicação do método de identificação de células de deriva litorânea – Praia da Enseada- Zona Emersa – Guarujá -SP	148
Tabela 32 — Resultados da matriz computacional a cada campanha – Praia da Enseada – Zona Emersa.....	149
Tabela 33 — Síntese gerada pela ferramenta computacional dos resultados da aplicação do método de identificação de células de deriva litorânea – Praia da Enseada- Zona Submersa – Guarujá -SP	150
Tabela 34 — Resultados da matriz computacional a cada campanha – Praia da Enseada – Zona Submersa.....	151
Tabela 35 — Resultados da matriz computacional a cada campanha-Praia do Itaguapé	153
Tabela 36 — Síntese gerada pela ferramenta computacional dos resultados da aplicação do método de identificação de células de deriva litorânea – Praia do Itaguapé – Bertioga -SP	154
Tabela 37 — Indicadores de erosão por perfil – Praia da Enseada – Zona Emersa	157
Tabela 38 — Indicadores de erosão por perfil – Praia da Enseada – Zona Submersa	158

Tabela 39 — Indicadores de erosão por perfil – Praia do Itaguaré – Zona Emersa	158
Tabela 40 — Comparação dos resultados das sínteses das matrizes computacionais com o estudo de suscetibilidade à erosão (SP)	160

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 — Principais atividades com seus respectivos impactos e ações mitigadoras nas bacias hidrográficas e nas zonas costeiras.	27
Quadro 2 — Relação da Política de Gestão Hídrica e de Gerenciamento Costeiro..	28
Quadro 3 — Modelo de uma Matriz de Comparação	34
Quadro 4 — Funcionalidades dos Programas de Análises Sedimentológica.....	45
Quadro 5 — Morfodinâmica intermediária com tendências dissipativas	59
Quadro 6 — Critérios de aceitação do RPD.....	69
Quadro 7 — Escala de classificação granulométrica	79
Quadro 8 — Indicadores de Performance do “GRANSED”	140
Quadro 9 — Indicadores de Performance do “GEOGRAIN 1.0”	141
Quadro 10 — Indicadores de Performance da Matriz Computacional	156

LISTA DE ABREVIATURAS/TERMOS E SIGLAS

ANA	Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico
CNRH	Conselho Nacional de Recursos Hídricos
CTCOST	Câmara Técnica de Integração da Gestão de Bacias Hidrográficas e dos Sistemas Estuarinos e Zona Costeira
DAEE (SP)	Departamento de Águas e Energia Elétrica do Estado de São Paulo
GEOGRAIN	Programa de Análise e Estatística da distribuição do Tamanho de Grãos de Sedimentos
GRANSED	Formulário VBA utilizado para registrar as amostras de sedimento
ID AMOSTRA	Identificação da amostra a ser analisada
ID CÁPSULA	Identificação da cápsula utilizada para determinação do teor de umidade
IPA -SP	Instituto de Pesquisas Ambientais do Estado de São Paulo
LABGEO	Laboratório de Análises Geológicas
NMM	Nível Médio do Mar
PNGC	Plano Nacional de Gerenciamento Costeiro
PNRH	Política Nacional de Recursos Hídricos
SIG-CBH-BS	Sistemas de Informações Geográficas do Comitê de Bacia Hidrográfica da Baixada Santista
UGRHI-7	Unidades Hidrográficas de Gerenciamento de Recursos Hídricos - Baixada Santista - São Paulo

LISTA DE SÍMBOLOS E NOMENCLATURAS

Qli	Depósitos litorâneos indiferenciados
Q2a	Sedimentos marinhos e mistos atuais e subatuais
Qdi	Depósitos detríticos indiferenciados
Af	Clima Equatorial ou Clima de Floresta Tropical
Cfa	Clima subtropical úmido
CaCO ₃	Carbonato de Cálcio
H ₂ O ₂	Peróxido de Hidrogênio
HCl	Ácido Clorídrico
Φ	Letra do alfabeto grego (phi)
σ	Letra do alfabeto grego (Sigma)
Mφ	Média em unidades (phi)
MDφ	Mediana em unidades (phi)

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	23
1.1	Objetivos	25
2	REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	26
2.1	Relação das Bacias Hidrográficas com as zonas costeiras	26
2.2	Relação da Política de Gestão Hídrica e Gerenciamento Costeiro	28
2.3	Estudo dos processos erosivos nos planos de recursos hídricos ...	29
2.4	Transporte de sedimentos.....	33
2.5	Estudo do Ambiente Costeiro	35
2.5.1	Processos Costeiros.....	35
2.5.2	Dinâmica do transporte de sedimentos	38
2.5.3	Balanço sedimentar	40
2.5.4	Causas e consequências da erosão costeira	41
2.5.5	Ferramentas Computacionais aplicadas em estudos de Processos Costeiros.....	43
2.5.6	Contribuições desta Pesquisa	46
3	CARACTERÍSTICAS DAS ÁREAS DO OBJETO DE ESTUDO	48
3.1	Localização dos perfis praias.....	49
3.2	Geologia e Geomorfologia.....	54
3.3	Aspectos Meteo-Oceanográficos.....	56
3.3.1	Clima	56
3.3.2	Ondas	58
3.3.3	Marés	59
3.3.4	Caracterização Morfo-sedimentares.....	62
4	MATERIAIS E MÉTODOS	63
4.1	Amostragem.....	64
4.2	Análise laboratorial dos sedimentos	70
4.2.1	Secagem das amostras.....	71
4.2.2	Determinação da porção seca destinada aos ensaios	72
4.2.3	Tratamento da amostra de sedimentos contendo matéria orgânica.....	73
4.2.4	Tratamento da amostra de sedimento contendo Carbonato de Cálcio.....	73
4.2.5	Remoção de sais solúveis	74
4.2.6	Medida dos tamanhos dos grãos do sedimento	75
4.3	Parâmetros Morfotexturais	78

4.3.1	Determinação dos parâmetros estatísticos (texturais).....	78
4.3.1.1	Cálculo dos percentis.....	80
4.3.1.2	Diâmetro Médio.....	81
4.3.1.3	Desvio Padrão (grau de seleção).....	81
4.3.1.4	Grau de Assimetria.....	82
4.3.1.5	Curtose (grau de agudez do pico).....	83
4.3.2	Determinação dos parâmetros morfológicos	84
4.3.2.1	Largura e Inclinação dos Perfis praias.....	85
4.3.3	Testes estatísticos aplicados aos parâmetros morfotexturais	86
4.4	Células de deriva litorânea	88
4.4.1	Identificando células de deriva litorânea (matriz de comparação)	89
4.4.2	Análise da tendência de movimento do sedimento	91
4.5	Apresentação das Ferramentas Computacionais	92
4.5.1	Formulário “Gran.Sed”	93
4.5.2	Programa GEOGRAIN 1.0	102
4.5.3	Matriz de Comparação	106
5	RESULTADOS E DISCUSSÃO	112
5.1	Incerteza da Medição no Ensaio Granulométrico.....	112
5.2	Distribuição Média dos Tamanhos dos Grãos.....	113
5.2.1	Classificação Textural - Praia da Enseada.....	113
5.2.2	Classificação Textural - Praia do Itaguapé.....	113
5.2.3	Resultados do teste estatístico para as médias dos tamanhos dos grãos.....	118
5.2.4	Correlação da Média do tamanho dos grãos e inclinação.....	122
5.3	Desvio Padrão.....	126
5.4	Assimetria	130
5.5	Curtose.....	137
5.6	Aspectos Técnicos de Performance das Ferramentas	140
5.6.1	Performance da Ferramenta GRANSED	140
5.6.2	Performance da Ferramenta GEOGRAIN 1.0	141
5.7	Resultados da análise da tendência de transporte do sedimento ...	142
5.7.1	Sentido preferencial de transporte longitudinal – Praia da Enseada	142
5.7.2	Sentido preferencial de transporte longitudinal – Praia do Itaguapé	144

5.8	Resultados da matriz Computacional.....	146
5.8.1	Validação da matriz computacional por comparação	146
5.8.2	Resultados da matriz computacional (Praia da Enseada)	148
5.8.3	Resultados da matriz computacional (Praia do Itaguapé)	153
5.8.4	Performance da Matriz Computacional	156
5.9	Análise dos resultados comparados à estudo de suscetibilidade à erosão Costeira para o Estado de São Paulo (2022/2023)	157
6	CONCLUSÃO E SUGESTÃO	162
6.1	Conclusão	162
6.2	Sugestão	164
	REFERÊNCIAS.....	165
	BIBLIOGRAFIA CONSULTADA.....	169
	DADOS CURRICULARES.....	170

1 INTRODUÇÃO

Na última década assistimos ao avanço dos problemas ambientais causados por eventos climáticos extremos agravados pelas mudanças climáticas. Os ambientes costeiros são particularmente os mais sensíveis a essas alterações.

Muitas das maiores cidades do planeta estão localizadas em áreas costeiras: 40% da população do planeta vive a 60 km da costa, e, portanto, mais vulneráveis a perigos como erosão costeira, inundações costeiras, alagamentos e enchentes (Hanson *et al.*, 2011; Hallegatte *et al.*, 2013).

No caso das praias, os problemas relacionados à erosão costeira se intensificaram na última década no mundo e em vários estados do Brasil.

No Estado de São Paulo, um estudo realizado por Souza *et al.* (2022) sobre a ocorrência de eventos intensos nas praias da Baixada Santista/SP, entre 1928 e 2016, concluiu que houve um aumento significativo na intensidade de ressacas e marés anômalas. Além disso, de acordo com Souza *et al.* (2023), 51% das praias paulistas estão em risco alto ou muito alto de erosão.

Compreender que uma bacia hidrográfica sofre as consequências dos impactos da erosão costeira é de fundamental importância para o planejamento dos recursos hídricos. Assim, conforme o Plano Nacional de Recursos Hídricos, PNRH (2022-2040), integrar a gestão das bacias hidrográficas com a gestão dos sistemas estuarinos e das zonas costeiras, tem importância fundamental, uma vez que os impactos podem ocorrer tanto nos rios quanto em zonas estuarinas e no ambiente marinho.

Analisar estes processos erosivos é importante pois estes sedimentos quando transportados modificam a geomorfologia costeira, causando a redução na largura da praia, recuo da linha de costa, aumento na frequência e magnitude de inundações costeiras, que são inundações na planície costeira causadas por ressacas.

A erosão costeira ou praias pode trazer vários impactos não somente à praia, mas nos recursos naturais, em especial nos recursos hídricos das bacias hidrográficas em que ela está inserida, impactos como: colapso de sistemas de esgotamento sanitário (obras soterradas e emissários submarinos) que venham a comprometer a balneabilidade das águas costeiras por incremento da poluição, doenças de

veiculação hídrica, contaminação de águas subterrâneas por intrusão salina, o aumento de perdas da distribuição de água e danos à obras de drenagem.

Um dos parâmetros para explicar a erosão é a observância da geração de células de deriva litorânea em certos trechos da praia. Para isso se faz necessário um estudo minucioso das análises de sedimentos, nos quais inclui dados quantitativos sobre tamanho, classificação textural, orientação e distribuição dos grãos, com o objetivo de compor um banco de dados dos parâmetros texturais e morfológicos.

Nesse contexto, a presente pesquisa tem por objeto de estudo os dados obtidos de monitoramento e de análises laboratoriais dos sedimentos da praia da Enseada, no Guarujá (SP), e da praia do Itaguapé, em Bertioga (SP), localizadas na Bacia Hidrográfica da Baixada Santista (UGRHI-7).

Para isso 5 parâmetros morfotexturais devem ser determinados, 3 deles pelo método de análise granulométrica, cujo a finalidade é determinar os parâmetros texturais (diâmetro médio, grau de seleção e curtose) e no perfil praial, os 2 indicadores morfológicos (declividade da praia e largura da praia). O método para identificação de células de deriva se baseia na aplicação de uma matriz de comparação dos parâmetros morfotexturais entre os perfis praiais.

Dentro dos principais motivos que justificam esse projeto de pesquisa é o fato da complexidade dos cálculos para identificar os parâmetros texturais a partir dos dados obtidos das análises de distribuição dos grãos dos sedimentos em laboratório e do número de estações amostrais envolvidas na comparação.

A pesquisa é relevante devido à necessidade um software capaz de processar e analisar grande quantidade de dados, que possuísse maior compatibilidade com o ambiente Windows, que aproveitasse as vantagens da programação em VBA no Office, e que além de interagir com os dados, possa permitir aos usuários automatizarem as tarefas repetitivas durante as etapas do processo analítico.

Esta dissertação de mestrado está estruturada em seis capítulos. No capítulo 1 é apresentada a introdução e os objetivos. A revisão bibliográfica é apresentada no capítulo 2, assim como a importância do estudo do ambiente costeiro e da dinâmica do transporte de sedimentos. A caracterização das áreas do objeto de estudo e da metodologia de trabalho encontra-se nos capítulos 3 e 4 respectivamente e nos capítulos 5 e 6, são apresentados os resultados, discussão e a conclusão.

1.1 Objetivos

O objetivo geral é desenvolver um pacote de ferramentas computacionais em linguagem VBA, que implementada de forma automatizada a um modelo preditivo de células de deriva litorânea, seja capaz de auxiliar na identificação de processos erosivos em praias arenosas e contribua como ação de apoio a gestão integrada da bacia hidrográfica com a zona costeira.

Os objetivos específicos são descritos a seguir:

- Automatizar o processo para obtenção dos parâmetros morfotexturais utilizando os dados de monitoramento e de análises laboratoriais dos sedimentos das praias da Enseada, no Guarujá, e de Itaguapé, em Bertioga, localizadas na Bacia Hidrográfica da Baixada Santista (UGRHI-7).
- Identificar processos sedimentares predominantes e células de deriva litorânea nos perfis praias, por meio da aplicação de uma matriz computacional.
- Demonstrar a eficiência da implementação das ferramentas computacionais por meio de comparação com os resultados de estudos e Mapas de classificação de Risco à Erosão Costeira/Inundação Costeira para o Estado de São Paulo.

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 Relação das Bacias Hidrográficas com as zonas costeiras

As bacias hidrográficas e seus recursos hídricos têm importância fundamental para o planejamento a nível nacional, estadual e municipal. Nas áreas costeiras os usos múltiplos de seus recursos hídricos incluem principalmente o turismo, pesca, preservação ecológica, saneamento e abastecimento humano.

De acordo com Nicolodi *et al.* (2009), a zona costeira e suas bacias hidrográficas interagem por meio fluxos hidrológicos de água doce, sedimentos e de substâncias dissolvidas formando um contínuo sistema fluvial-marinho costeiro, destacando assim a relação entre os ambientes.

Segundo Brasil (2022), a bacia hidrográfica é a unidade de planejamento e gestão para a implementação da Política Nacional de Recursos Hídricos, os limites de atuação para o Gerenciamento Costeiro coincidem com as delimitações dos municípios que compõem a zona costeira, além da porção marítima. Essa faixa de intersecção na qual os dois sistemas se articulam corresponde aos estuários, ambientes de transição entre as águas fluviais de drenagem continental e as águas marinhas adjacentes ao oceano.

Conforme Guimarães (2023), esses sistemas sofrem com diversas atividades antrópicas e mudanças ambientais extremas que geram impactos (Quadro 1), tanto nas bacias hidrográficas quanto nas zonas costeiras e que se agravaram na última década em diversos estados do país. A autora ainda destaca o problema com o lançamento de efluentes sem tratamento a montante na bacia hidrográfica, assim como na própria região estuarina com consequente restrição à balneabilidade e o aumento de doenças por veiculação hídrica.

De acordo com Brasil (2022), o aumento da captação de água bruta para abastecimento a montante da bacia hidrográfica e o aumento da cunha salina devido aos processos erosivos costeiros, potencializa a intrusão de água marinha no continente, podendo resultar em avanço do sistema estuarino para montante da bacia, o que altera a qualidade de águas doces para salobras, reduzindo a extensão de disponibilidade de água doce no continente.

Esses efeitos são exemplos de problemas que podem surgir e que demandam ações mitigadoras e de gerenciamento entre os recursos hídricos e a zona costeira.

Souza *et al.* (2019), destaca a erosão costeira como um dos principais efeitos das mudanças climáticas, que gera impactos como redução na largura da praia e ou recuo da linha de costa; destruição de estruturas artificiais paralelas e transversais à linha de costa.

Esses impactos provocam o colapso dos sistemas de esgotamento sanitário (obras enterradas e emissários submarinos); diminuição da balneabilidade das águas costeiras; perda de recursos pesqueiros e a intrusão salina no aquífero costeiro e das águas superficiais, que são causados pela erosão costeira.

Quadro 1 — Principais atividades com seus respectivos impactos e ações mitigadoras nas bacias hidrográficas e nas zonas costeiras.

Atividades antrópicas e Mudança ambientais extremas	Impactos	Ações
Dispersão de poluentes sem tratamento	Alteração na Qualidade Ambiental Alteração na saúde da população Alteração na saúde dos animais Descaracterização Turística da Área Perdas Econômicas com Turismo	Envolvimento da População, Monitoramento Educação Ambiental, Fiscalização, Zoneamento, Planos de Bacias, Educação Ambiental e Sanitária
Erosão e Assoreamento	Perda de espécies aquáticas, Diminuição da vazão, Desequilíbrio na linha da costa, Diminuição do fluxo turístico, Prejuízos nas atividades econômicas e nas Habitações, Gastos de recursos públicos, Poluição visual em rios e praias	Aterros Hidráulicos, Dragagem, Projetos de Recuperação, Reassentamento de famílias, Construção de casas, Fiscalização, Envolvimento da população em Educação Sanitária e Ambiental
Pressão sobre ecossistemas sensíveis	Perda de habitat de algumas espécies, Alteração nas características da área e Risco de Contaminação	Educação Ambiental e Legislação, Fiscalização, Criação de Unidades de Conservação- UC
Crescimento populacional elevado	Poluição pelo lançamento de esgoto, lixo, Habitações em locais de risco, Erosão, Assoreamento Deslizamento de encostas, Pressão em ecossistemas frágeis.	Projetos de Reassentamento, Contenção de Encostas, Fiscalização, Capacitação, Legislação e Zoneamento Educação Ambiental
Portos e obras portuárias	Água de lastro sem tratamento, Lançamento de resíduos pelas embarcações e Aumento do fluxo turístico	Tratamento da água, Fiscalização Medidas mitigadoras, Zoneamento Costeiro e Capacitação em Educação Ambiental
Mudanças climáticas	Alterações na linha da costa, Aumento das temperaturas locais, Processos erosivos costeiros, Perda de habitações, Aumento da cunha salina, Enchentes mais fortes, Secas mais intensas, Aumento de número de casos de doenças hídricas e atmosféricas e Aumento no número de pragas	Planejamento integrado, Planos de Bacias, Plano Estadual de Recursos Hídricos, Plano nacional de R. Hídricos Construção de casas, Ações de Mitigação, Legislação, e Capacitação em Educação Ambiental

Fonte: Adaptado, Guimarães (2023).

2.2 Relação da Política de Gestão Hídrica e Gerenciamento Costeiro

De acordo como Plano Nacional de Gerenciamento Costeiro em sua segunda versão (PNGC II) a saúde, o bem-estar e, em alguns casos, a própria sobrevivência das populações costeiras depende da saúde e das condições dos sistemas costeiros, incluídas as áreas úmidas e regiões estuarinas, assim como as correspondentes bacias de recepção e drenagem e as águas interiores próximas à costa, bem como o próprio sistema marinho. Nesse sentido deixa claro a relação do plano de gerenciamento costeiro com a gestão hídrica, além do plano ter como um dos seus princípios:

“...a gestão integrada dos ambientes terrestres e marinhos da Zona Costeira, com a construção e manutenção de mecanismos transparentes e participativos de tomada de decisões, baseada na melhor informação e tecnologia disponível e na convergência e compatibilização das políticas públicas, em todos os níveis da administração.” (PNGC II,1997, p.2, item 2.5)¹

A Lei n.º 9.433, de 08 de janeiro de 1997, instituiu a Política Nacional de Recursos Hídricos, que se desdobra em: fundamentos, objetivos, diretrizes de ação e instrumentos, nos quais possuem pontos de maior identidade e articulação com a política de gerenciamento costeiro (Quadro 2).

Quadro 2 — Relação da Política de Gestão Hídrica e de Gerenciamento Costeiro

PNRH		Pontos de maior identidade com a PNGC II
Fundamentos	Art. 1º: VI	- A gestão de recursos hídricos deve ser de forma descentralizada
Diretrizes gerais de ação	Art. 3º: I, II, III, IV, V e VI	- Explicitando no inciso II, III e VI a adequação às diversidades da região e a gestão integrada com a gestão ambiental e zona costeira.
Instrumentos	Art. 5º: I, II e III	- A articulação dos instrumentos de enquadramento dos corpos d'água em classes de uso e dos planos de recursos Hídricos.

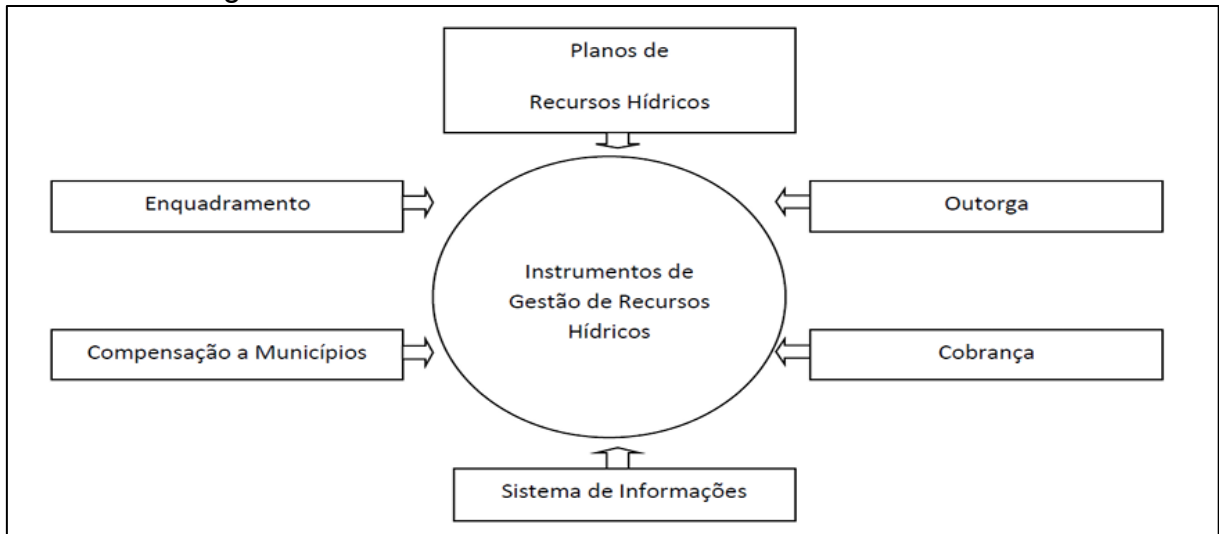
Fonte: Autor.

¹ BRASIL. Comissão Interministerial para os Recursos do Mar (Resolução n. 5/CIRM). Plano Nacional de Gerenciamento Costeiro II. 1997. Disponível em:<<http://www.mma.gov.br>>. Acesso em: 20 nov. 2024.

2.3 Estudo dos processos erosivos nos planos de recursos hídricos

A política de Recursos Hídricos instituiu instrumentos de gestão destes recursos (Figura 1) assim como os Comitês de Bacia Hidrográfica e as Agências de Bacia (Guimarães,2023).

Figura 1 — Instrumentos de Gestão de Recursos Hídricos



Fonte: Adaptado (Brasil,1997).

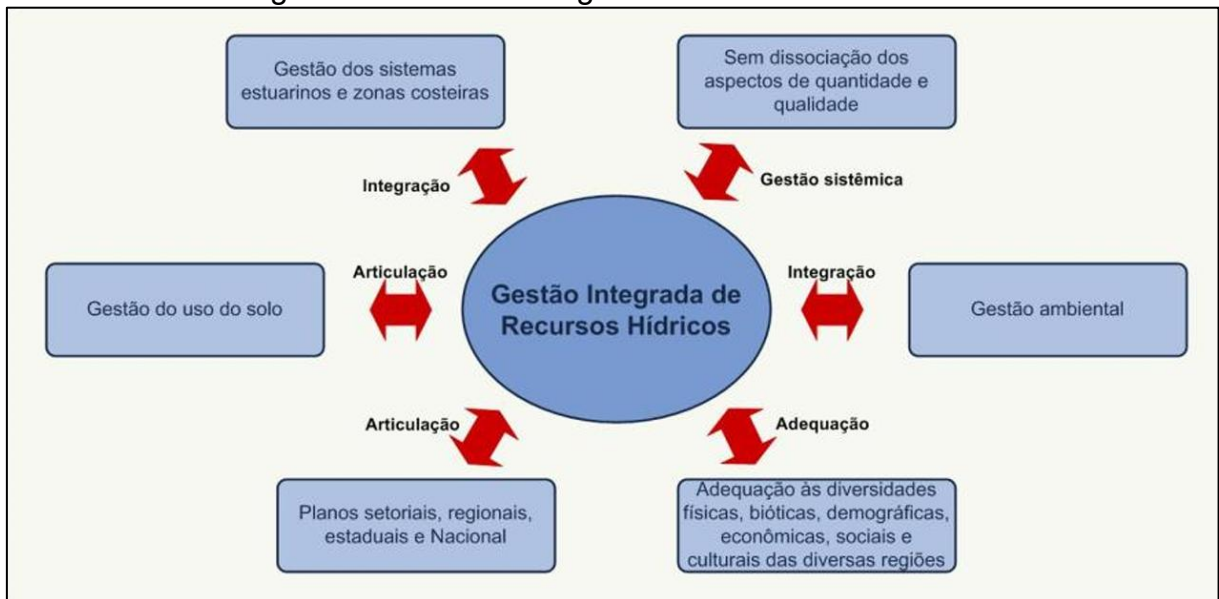
O primeiro instrumento de gestão é o Plano de Recursos Hídricos chamado de Plano Diretor de Recursos Hídricos, elaborado por bacia hidrográfica (ou conjunto de bacias), e que se consolida no plano nacional de recursos hídricos.

A importância do estudo da hidrosedimentologia em Planos de Recursos Hídricos, se dá principalmente nos efeitos dos processos erosivos em bacias hidrográficas. Os resultados gerados por modelos que preveem e identifiquem locais suscetíveis a processos de erosão ou assoreamento, possibilitam uma gestão adequada e sistemática dos recursos hídricos.

Segundo ANA (2013), o controle de erosão está inserido em um conjunto de ações não diretamente de responsabilidade do sistema de recursos hídricos, mas que tem implicações sobre quantidade e qualidade das águas.

Conforme ANA (2013), além de integrar a Gestão dos Sistemas estuarinos e zonas costeiras, a Gestão de Recursos Hídricos pressupõe a articulação e integração com outras áreas como: planejamento, uso e ocupação do solo; gestão ambiental; e políticas ligadas aos setores usuários (Figura 2).

Figura 2 — Gestão Integrada de Recursos Hídricos



Fonte: Adaptado ANA (2013).

Nesse contexto, os estudos de processos erosivos são considerados importantes instrumentos de suporte à Gestão Integrada de Recursos Hídricos, podendo ser usada para identificar a presença de indicadores de erosão costeira.

A erosão costeira deixa “indícios” (indicadores) na linha de costa que podem ser facilmente identificados e monitorados. Souza & Suguio (2003) elaboraram uma proposta de classificação de risco baseada na presença desses indicadores de erosão costeira (Tabela 1) e na sua distribuição espacial ao longo da praia (Figura 3).

Segundo Souza & Suguio (2003), ainda que essa proposta tenha sido aplicada para as praias oceânicas do litoral do Estado de São Paulo, ela pode ser adaptada para qualquer região costeira ou até para segmentos de uma praia muito extensa.

O mapeamento sistemático de risco à erosão costeira crônica em São Paulo é atualizado a cada cinco anos, desde 1991, e baseado numa matriz de classificação que relaciona o número de indicadores de erosão e sua distribuição percentual ao longo da praia, com a distribuição em 5 classes de risco: Muito Baixo (MB), Baixo (B), Médio (M), Alto (A) e Muito Alto (MA).

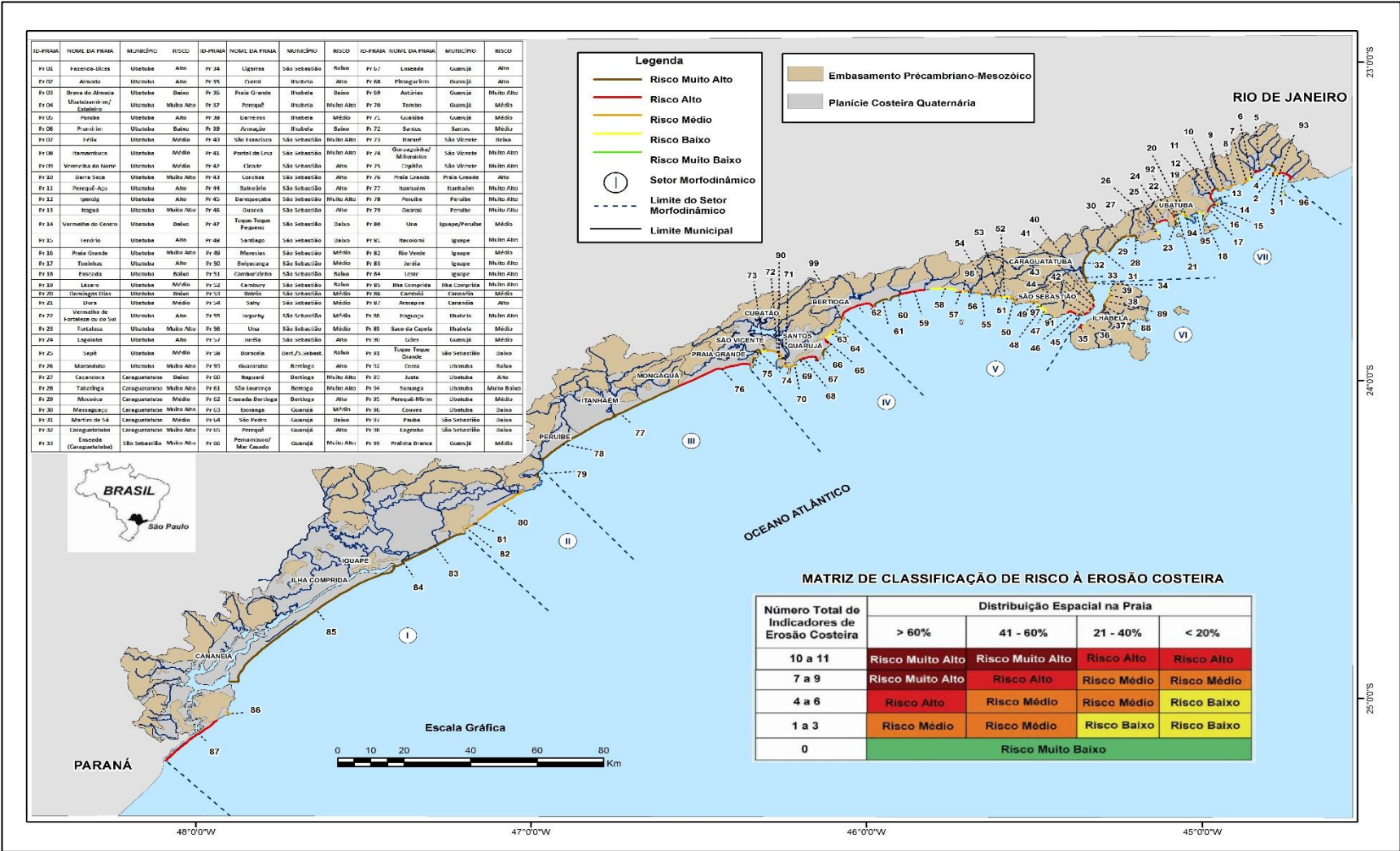
Conforme Souza (2009) a erosão crônica, que implica em balanço sedimentar negativo numa célula costeira, se expande lateralmente com o tempo. Portanto, estudar a dinâmica de transporte de sedimentos nos perfis praias, a fim de mensurar os processos sedimentares, contribuem para a identificação dos indicadores de erosão.

Tabela 1 — Indicadores de erosão costeira monitorados no Estado de São Paulo

Indicadores	Características
I	Pós-praia muito estreita ou inexistente devido à inundação pelas preamares de sizígia (praias urbanizadas ou não).
II	Retrogradação geral da linha de costa nas últimas décadas, com franca diminuição da largura da praia, em toda a sua extensão ou mais acentuadamente em determinados locais dela (praias urbanizadas ou não).
III	Erosão progressiva de depósitos marinhos e/ou eólicos pleistocênicos a atuais que bordejam as praias, sem o desenvolvimento de falésias (praias urbanizadas ou não).
IV	Intensa erosão de depósitos marinhos e/ou eólicos pleistocênicos a atuais que bordejam as praias, provocando o desenvolvimento de falésias com alturas de até dezenas de metros (praias urbanizadas ou não).
V	Destruição de faixas frontais de vegetação de “restinga” ou de manguezal e/ou presença de raízes e troncos em posição de vida soterrados na praia, causados pela erosão acentuada ou o soterramento da vegetação devido à retrogradação/migração da linha de costa sobre o continente.
VI	Exumação e erosão de depósitos paleolagunares, turfeiras, arenitos de praia, depósitos marinhos holocênicos e pleistocênicos, ou embasamento sobre o estrêncio e/ou a face litorânea atuais, devido à remoção das areias praias por erosão costeira e déficit sedimentar extremamente negativo (praias urbanizadas ou não).
VII	Frequente exposição de “terraços ou falésias artificiais”, apresentando pacotes de espessura até métrica de camadas sucessivas de aterro erodido e soterrado por camadas de areias praias/eólicas, no contato entre a praia e a área urbanizada.
VIII	Destruição de estruturas artificiais construídas sobre os depósitos marinhos ou eólicos holocênicos, a pós-praia, o estrêncio, as faces praias e litorânea, a zona de surfe/arrebentação e/ou ao largo.
IX	Retomada erosiva de antigas plataformas de abrasão marinha, elevadas de +2 a +6 m, formadas sobre rochas do embasamento ígneo-metamórfico pré-cambriano a mesozoico, em épocas em que o nível do mar se encontrava acima do atual, durante o Holoceno e o final do Pleistoceno (praias urbanizadas ou não).
X	Presença de concentrações de minerais pesados em determinados trechos da praia, em XI associação com outros indicadores erosivos (praias urbanizadas ou não).
XI	Desenvolvimento de embaixamentos formados pela presença de correntes de retorno concentradas e de zona de barlar ou centros de divergência de células de deriva litorânea localizados em local(s) mais ou menos fixo(s) da linha de costa.

Fonte: Adaptado Souza, (1997, 2001); Souza & Suguio, (2003).

Figura 3 — Mapa de erosão costeira monitorados no Estado de São Paulo



Fonte: Souza *et al.* (2023).

2.4 Transporte de sedimentos

O estudo de processos costeiros se dá pela observância da dinâmica de transporte de sedimentos ao longo da costa, tendo como principais agentes a ação de ondas, maré e ventos, além das correntes geradas por cada um desses fatores (Souza; Suguio, 1998). A origem da corrente acontece em barlamar na região de maior energia de onda, enquanto o seu término ocorre em sotamar, havendo diminuição de energia de ondas.

Segundo Souza (1997) células de deriva consistem em três zonas: zona de erosão (barlamar), zona de transportes e zona de deposição ou acumulação (sotamar). Além disso, o autor propõe a inclusão do parâmetro de curtose, relacionado a diferenciações de nível de energia das ondas ao longo de uma célula de deriva litorânea. Segundo os autores as interpretações de deriva litorânea ao longo de praias são basicamente constituídas de quatro parâmetros: largura da praia, inclinação da praia, diâmetro médio (tamanho dos grãos) e grau de seleção de sedimentos.

Os autores do modelo de célula de transporte de sedimentos descrevem que:

“A relação entre as zonas de barlamar (origem) e sotamar (terminação) de uma célula de deriva litorânea apresenta as seguintes variações: aumento da largura, diminuição da inclinação, afinamento dos grãos e melhora no grau de seleção, de barlamar para sotamar.” (Taggart e Schwartz, 1988, p.285)²

Segundo Souza (1997), as características morfotexturais de um perfil são comparadas com as características de um ou dois perfis adjacentes, onde é possível que haja atuação de células de deriva litorânea tanto na zona de barlamar (processos erosivos) quanto na zona de sotamar (deposição de sedimentos).

Para essa comparação usa-se a “matriz de comparação” aplicando-se a observação das seguintes variações: afinamento dos grãos, aumento do grau de seleção, diminuição do nível de energia das ondas, diminuição da inclinação da antepraia e aumento da largura da praia.

² TAGGART, B. E. SCHWARTZ, M.L. Methods of net shore-drift direction determination: a systematic approach. Journal of Shoreline Management, v. 3(4), 285-309 p. 1988.

O produto de cada comparação individual é marcado com um sinal (+) ou (-), respectivamente, se ela indicar zona de sotamar (deposição) ou de barlamar (erosão).

Como cada amostra é comparada com suas duas vizinhas (exceto as amostras das extremidades das praias), então, para cada um dos cinco parâmetros analisados é obtido um par de sinais, que pode ser: (+/+), (-/-), (+/-) ou (-/+). O resultado da comparação de todos os parâmetros é representado por um par de sinais que corresponde à predominância de um ou outro, para cada termo do par.

Assim, se o par final for (+/+) significa que, no local, predomina o processo deposicional, sendo zona de sotamar de uma pequena célula; se for (-/-) predomina a erosão, ou seja, o sedimento encontra-se em zona de barlamar; e, se for (+/-) ou (-/+), representa uma zona de transporte (trânsito de sedimentos), havendo ganho e perda de sedimentos simultaneamente.

Os rumos de transporte são, então, deduzidos a partir desses resultados. No caso do valor de um parâmetro se mostrar igual para as duas amostras comparadas atribui-se o índice zero (0) ao termo do par. Em síntese, para identificar células de deriva litorânea e, portanto os processos sedimentares que predominaram em uma praia, deve-se determinar através de ensaios laboratoriais, os parâmetros texturais por classificação dos grãos segundo sua granulometria e parâmetros morfológicos a largura e inclinação da antepraia.

A partir disto, os sinais resultantes da comparação de cada parâmetro (diâmetro médio, o desvio padrão, curtose, inclinação e largura) entre os perfis, devem ser organizados em uma “Matriz de Comparação”, conforme o Quadro 3.

Quadro 3 — Modelo de uma Matriz de Comparação

Perfis da Praia	Parâmetros Texturais			Morfologia		Resultado	Processo
	Diâmetro Médio (Φ)	Grau de Seleção (σ)	Curtose (K)	Inclinação ($^{\circ}$)	Largura (m)		
P1	(+)	(-)	(+)	(-)	(-)	(-)	E
P2	(-, -)	(+, -)	(-, -)	(+, +)	(+, +)	(+, -)	T
P3	(+, +)	(+, +)	(+, +)	(-, +)	(-, -)	(+, +)	D
P4	(-, -)	(-, -)	(-, -)	(-, -)	(+, -)	(-, -)	E
P5	(+, +)	(+, +)	(+, -)	(+, +)	(+, +)	(+, +)	D
P6	(-, -)	(-, -)	(+, +)	(-, -)	(-, -)	(-, -)	E
P7	(+, +)	(+, +)	(-, -)	(+, +)	(+, -)	(+, +)	D

Fonte: Autor.

Legenda: E= erosão; D= deposição; T= transporte.

2.5 Estudo do Ambiente Costeiro

Para estudar uma determinada área em um ambiente costeiro, examina-se a geomorfologia da costa, com o propósito de identificar estruturas sedimentares que possam indicar a direção do transporte que cresce em determinada direção, ou, em estruturas construídas pelo homem que sofreram alterações com essa instalação, observando se houve aumento e/ou diminuição da faixa arenosa.

Em ambiente costeiro onde não existem estruturas instaladas pela ação do homem e nem geomorfologia que indique a direção dominante do transporte longitudinal, um grande e longo estudo do ambiente costeiro é necessário para determinar a direção preferencial de transporte e o processo sedimentar predominante. Nesses estudos, pode-se detectar se a variação da textura do sedimento ao longo da praia tem relação como o transporte e sua direção.

2.5.1 Processos Costeiros

As praias arenosas são o produto de um complexo sistema de forças que interagem entre si, formando um arcabouço estrutural dinâmico, que se modela à medida que condições energéticas do ambiente também se modificam.

Mudanças na forma do perfil praias estão estritamente condicionadas pela interação onda-sedimento, ou seja, os sedimentos são retrabalhados pelas ações das ondas e incorporadas na corrente de deriva litorânea que abastece o perfil praias (Câmara; Barros; Silva, 2021).

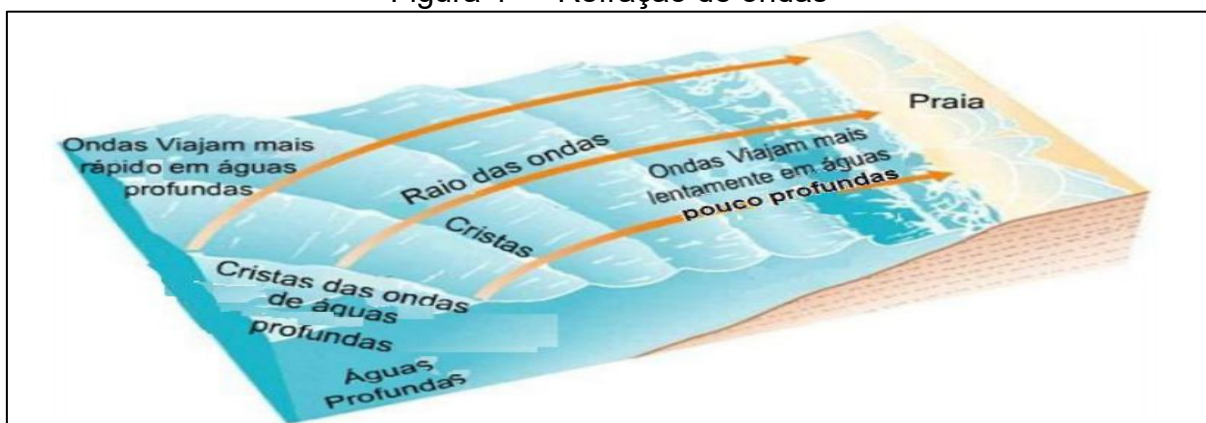
A energia das ondas provoca alterações na distribuição dos sedimentos ao longo perfil praias, fazendo com que se modele sua forma e atinja seu equilíbrio, ajustando-se àquela condição hidrodinâmica.

Os processos costeiros atuam na movimentação de sedimentos e na modelagem morfológica das praias, tendo como principais agentes a ação de ondas, maré e ventos, além das correntes geradas por cada um desses fatores (Souza; Suguio, 1998). As ondas geradas em águas profundas propagam-se em direção à costa, dirigindo-se para águas com profundidades mais baixas, em geral.

Conforme Correia, Guimarães e Silva (2023), ao interagir como fundo marinho, as ondas de água profunda que se propagam em direção à costa podem ter suas características, como o ângulo de propagação e a altura, alteradas pelo processo de refração de ondas.

A refração é alteração da altura e direção da onda por modificação da batimetria do fundo. Deste modo, à medida que as ondas se aproximam da costa são influenciadas pela configuração batimétrica, de modo que a sua crista tende a se alinhar à linha de costa denominando assim os processos de refração (Figura 4).

Figura 4 — Refração de ondas



Fonte: Coleman (2001).

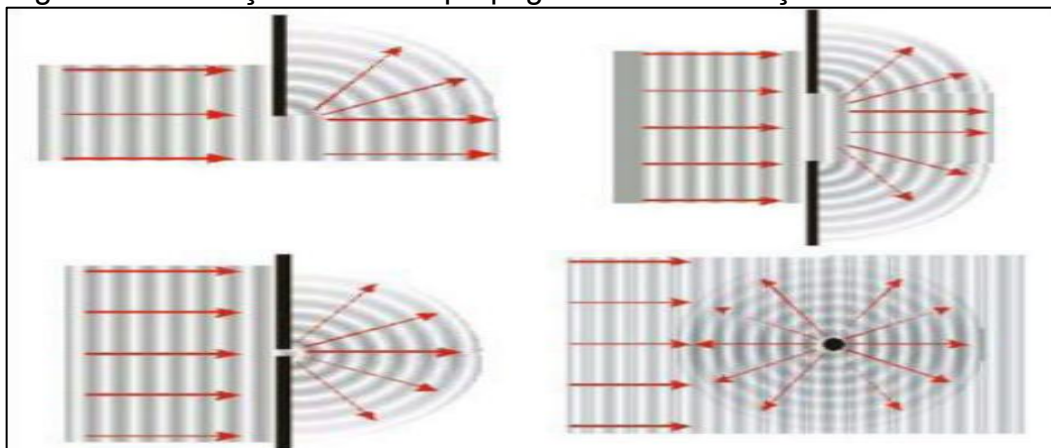
De acordo com Bird (1996), a ocorrência de convergência das ortogonais indica aumento de energia de ondas, e assim as praias apresentam erosão mais severa, e divergência entre correntes longitudinais que causam dispersão do sedimento.

Já onde há divergência das ortogonais, as ondas têm menor energia, gerando praias com redução de erosão e convergência das correntes longitudinais levando sedimento à praia (depósito).

Em praias embaçadas a refração das ondas explica a dissipação de energia, onde a convergência ocorre na região mais rasa e a divergência nas áreas mais profundas. A difração é o fenômeno de transmissão lateral de energia durante a propagação das ondas. Tal pode ser devido à configuração batimétrica ou à existência de obstáculos, como por exemplo, ilhas, quebra mares e até mesmo recifes.

Nesta situação a energia espalha-se lateralmente perpendicular à direção dominante da propagação da onda (Figura 5).

Figura 5 — Difração de ondas propagando-se em direção a uma estrutura



Fonte: Hoult (2004)

Assim, por exemplo, se ao longo da propagação das ondas surgem obstáculos como os molhes de um porto ou marina ou zona abrigada, a zona de entrada dessas regiões irá atuar como uma fonte de onda para a mesma área da marina (Pond; Pickard, 1989).

Quando uma onda encontra uma abertura larga em relação ao seu comprimento de onda, a maior parte da energia da onda atravessa a abertura na mesma direção de propagação. No entanto, nas bordas da abertura, a onda sofre difração, espalhando-se para a área de sombra atrás das paredes da marina.

Quando a abertura da entrada, numa parede ou recife no mar, é estreita, a energia da onda irá espalhar-se pela área da marina como ondas difratadas na forma de arcos circulares centrados na abertura da marina. As ondas são caracterizadas principalmente pela sua forma, que deriva da ação do vento, promovendo uma mistura complexa de várias ondas de formas diferentes.

A energia que é responsável pelo movimento praticamente aparente das águas que compõem a onda, é caracterizada por dois tipos, a potencial e a cinética, responsáveis respectivamente, pela forma da onda e pelo movimento orbital desta.

A crista é o ponto mais alto da onda e a calha ou depressão, o ponto mais baixo. A altura é a distância vertical entre a crista e a calha e a amplitude mostra o quanto à altura variou, correspondendo à metade desta. O comprimento é a distância entre duas calhas ou duas cristas e o período é o tempo necessário para duas cristas passem em um mesmo ponto, sendo a frequência a variável que quantifica o número de cristas ou calhas que passam em um ponto por segundo (Morais, 1996).

2.5.2 Dinâmica do transporte de sedimentos

Em um ambiente costeiro, correntes oceânicas paralelas a linha de costa forma ondas oblíquas que ao se aproximarem da costa sofrem refração devido às variações de fundo (batimetria) (Figura 7). À medida que estas ondas se movem para águas poucos profundas, em que a relação profundidade de água e o comprimento de onda se aproximam de $\leq 1/2$ (Equação 1), a onda começa a sentir influências do fundo, causando atrito entre o fundo e o movimento orbital da água. Hoefel (1998) diz que após este ponto, as ondas sofrem os processos de propagação de energia.

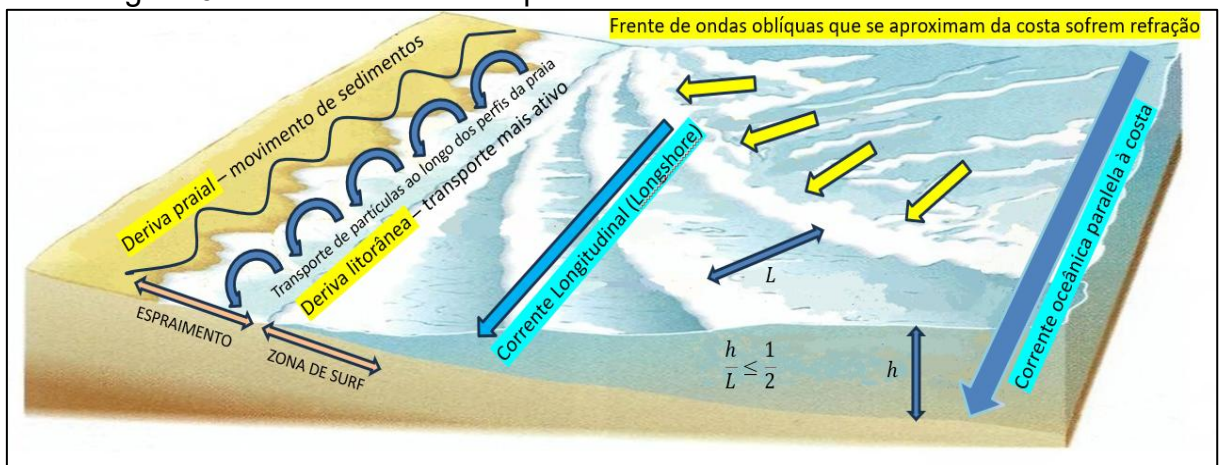
$$\frac{h}{L} \leq \frac{1}{2} \quad (1)$$

onde:

h é a profundidade de água e L o comprimento de onda

Essa propagação de energia leva a formação de correntes longitudinais, no qual possui duas componentes de mesmo sentido, a deriva litorânea que atua no transporte de sedimentos na zona surfe e à deriva praial que atua no transporte de sedimentos na zona de espreamento (Figura 6).

Figura 6 — Dinâmica de transporte de sedimentos no ambiente costeiro



Fonte: Adaptado Coleman (2001).

Segundo Souza (2007), a deriva litorânea é o transporte resultante de sedimento ao longo dos perfis praias, indica o sentido da maioria dos sedimentos transportados por correntes longitudinais. É o transporte mais ativo entre a linha de costa e a margem externa da zona de arrebentação transportando sedimentos paralelamente à costa na zona de antepraia inferior.

Cada segmento costeiro com uma deriva costeira resultante forma uma célula de circulação costeira (Taggart; Schwartz, 1988). Inman (2003) define células litorâneas como “um compartimento costeiro que contém um ciclo completo de sedimentação incluindo fonte, trajetória de transporte e deposição”, estabelecendo definitivamente a relação entre balanço sedimentar e transporte longitudinal.

As correntes longitudinais dentro de células de circulação costeira podem apresentar dois tipos de padrões ao longo da costa, unidirecional ou circulatório, desenvolvendo célula de poucos metros à quilômetros (Souza, 2007). Conforme Souza (1997):

Cada célula consiste em três zonas: (a) zona de erosão, onde se origina a corrente (barlamar e, portanto, atua maior energia de ondas; 9b) zona de transporte, através da qual os sedimentos são transferidos ao longo da costa; e (c) zona de deposição ou acumulação, onde a corrente termina (sotamar), havendo diminuição da energia das ondas (Souza, 1997, p.15).³

A zona de transporte é a região no qual os sedimentos são transferidos ao longo da costa. Existe a possibilidade de ocorrer duas situações quando duas células de circulação costeiras estão presentes, lado a lado. Se for uma área de convergência de correntes, ou seja, local de terminação de duas células, pode ocorrer intensa acumulação e/ou desenvolvimento de uma corrente de retorno; se for na zona de barlamar de duas células, ocorrerá divergência de correntes, predominando o processo erosivo (Souza; Suguio, 1998).

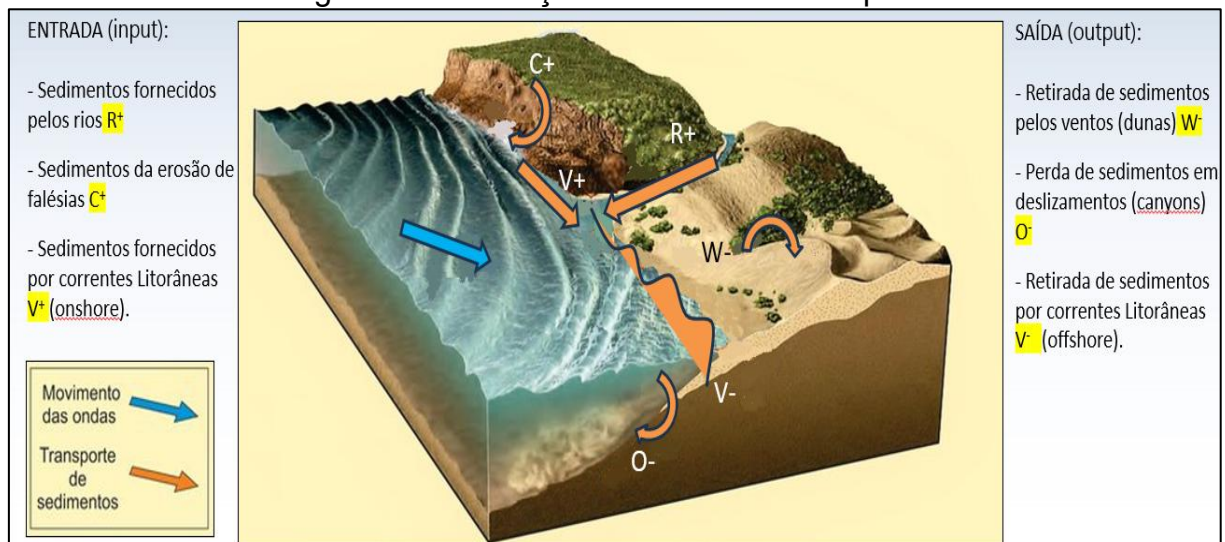
³ SOUZA, C. R. de G. As Células de Deriva Litorânea e a Erosão nas Praias do Estado de São Paulo. Tese de Doutorado – Universidade de São Paulo, 1997.

2.5.3 Balanço sedimentar

Todo o resultado do transporte de sedimentos onde as ondas e correntes trazem a zona costeira, ao mesmo tempo que as retiram, isto é, a relação de perdas e ganho é chamado de balanço sedimentar. Os sedimentos que entram e que saem dessa zona, determinam o equilíbrio ou o desequilíbrio dela.

Um litoral em desequilíbrio pode, assim, encontrar-se em erosão (retrocesso da linha de costa) ou em acresção (avanço da linha de costa). Dentre os diversos fatores geológicos atuantes no litoral, os de maior importância para as praias são os processos sedimentares que determinam o seu balanço sedimentar (Figura 7).

Figura 7 — Balanço sedimentar de uma praia



Fonte: Adaptado de Monroe *et al.*, 2009.

Embora a erosão costeira seja essencialmente produto de um balanço sedimentar negativo no sistema praial, essa situação é decorrente de diversos processos e fenômenos que podem ser atribuídos a fatores naturais e fatores antrópicos. Em geral, ambos interagem entre si o tempo todo no condicionamento da erosão costeira, sendo frequentemente difícil identificar quais são aqueles mais ativos, ou mesmo individualizar a atuação de cada um.

2.5.4 Causas e consequências da erosão costeira

A erosão costeira ou praiaral pode trazer várias consequências não somente à praia, mas também a vários ambientes naturais e aos usos e atividades antrópicas na zona costeira (Souza *et al.*, 2005; Souza, 2009a, 2009b). Uma síntese das causas naturais e antrópicas da erosão costeira no Brasil é apresentada na Tabela 2.

Em geral, essas consequências são percebidas como problema quando ameaçam os usos e as atividades humanas de forma a causar prejuízos econômicos.

Entretanto, mesmo quando ela ocorre em locais não habitados pelo homem, deve ser motivo de preocupação, porque terrenos naturais serão perdidos, podendo levar ao colapso de importantes ecossistemas costeiros que já foram comprometidos em áreas urbanizadas (Souza, 2009b).

Dentre as principais consequências da erosão costeira destacam-se (Souza, 2009a, 2009b):

- Redução na largura da praia e retrogradação ou recuo da linha de costa;
- Desaparecimento da zona de pós- praia e, com o passar do tempo, da própria praia;
- Perda de propriedades e bens públicos e privados ao longo da linha de costa;
- Destruição de estruturas artificiais paralelas e transversais à linha de costa;
- Problemas e até colapso de sistemas de esgotamento sanitário (obras soterradas e emissários submarinos);
- Diminuição da balneabilidade das águas costeiras por incremento da poluição e contaminação de águas e sedimentos;
- Perda de recursos pesqueiros;
- Perda do valor paisagístico da praia e/ou da região costeira;
- Perda do valor imobiliário de habitações costeiras;
- Comprometimento do potencial turístico da região costeira;
- Prejuízos nas atividades socioeconômicas da região, ligadas ao turismo e ao lazer na praia;
- Artificialização da linha de costa devido à construção de obras costeiras (para proteção e/ou recuperação ou mitigação);
- Gastos exorbitantes com a recuperação de praias e reconstrução da orla marítima (incluindo propriedades públicas e privadas).

Tabela 2 — Causas naturais e antrópicas da erosão costeira no Brasil

Causas naturais	Causas antrópicas
Dinâmica de circulação costeira: presença de zonas de barlamar ou centros de divergência de células de deriva litorânea em determinados locais mais ou menos fixos da linha de costa (efeito “foco estável”).	Urbanização da orla, com destruição de dunas e/ ou impermeabilização de terraços marinhos holocênicos e eventual ocupação da pós-praia.
Morfodinâmica praial: praias intermediárias têm maior mobilidade e suscetibilidade à erosão costeira, seguidas das reflexivas de alta energia, dissipativas de alta energia, reflexivas de baixa energia, dissipativas de baixa energia e ultradissipativas.	Retirada de areia de praia por: mineração e/ou limpeza pública, resultando em déficit sedimentar na praia e/ou praias vizinhas
Fatores Tectônicos: subsidências e soerguimentos da planície costeira.	Armadilhas de sedimentos associadas à implantação de estruturas artificiais, devido à interrupção de células de deriva litorânea e formação de pequenas células.
Fisiografia Costeira: irregularidades na linha de costa (mudanças bruscas na orientação, promontórios rochosos e cabos inconsolidados) dispersando as correntes e sedimentos para o largo; praias que recebem maior impacto de ondas de maior energia.	Implantação de estruturas rígidas ou flexíveis, paralelas ou transversais à linha de costa: espigões, molhes de pedra, enrocamentos, píers, quebra-mares, muros, etc., para “proteção costeira” ou contenção/mitigação de processos erosivos costeiros ou outros fins; canais de drenagem artificiais.
Presença de amplas zonas de transporte ou trânsito de sedimentos (by-pass), contribuindo para a não permanência dos sedimentos em certos segmentos de praia.	Mineração de areias fluviais e desassoreamento de desembocaduras; dragagens em canais de maré e na plataforma continental: diminuição/ perda das fontes de sedimentos para as praias.
Armadilhas de sedimentos e migração lateral: desembocaduras fluviais ou canais de maré; efeito “molhe hidráulico”; depósitos de sobrelevagem; obstáculos fora da praia (barras arenosas, ilhas, parciais, arenitos de praia e recifes).	Conversão de terrenos naturais da planície costeira em áreas urbanas (manguezais, planícies fluviais/ e lagunares, pântanos e áreas inundadas) provocando impermeabilização dos terrenos e mudanças no padrão de drenagem costeira (perda de fontes de sedimentos).
Elevações do nível relativo do mar de curto período devido a efeitos combinados da atuação de sistemas frontais e ciclones extratropicais, marés astronômicas de sizígia e elevações sazonais do NM, resultando nos mesmos processos da elevação de NM de longo período.	Balanço sedimentar atual negativo decorrente de intervenções antrópicas.
Inversões na deriva litorânea resultante causada por fenômenos climáticos-meteorológicos intensos: sistemas frontais, ciclones extratropicais e a atuação intensa do “El Nino/ENSO”.	
Efeitos atuais da elevação do nível relativo do mar durante o último século, em taxas de até 30 cm: forte erosão com retrogradação da linha de costa.	
Efeitos secundários da elevação de nível do mar de longo período: Princípio ou Regra de Bruun e migração do perfil praial rumo ao continente.	
Evolução quaternária das planícies costeiras: balanço sedimentar de longo prazo negativo e dinâmica e circulação costeira atuante na época.	
Balanço sedimentar atual negativo originado por processos naturais individuais ou combinados.	
Aporte sedimentar atual naturalmente ineficiente ou ausência de fontes de areias.	

Fonte: Adaptado de Souza *et al.*, 2005.

2.5.5 Ferramentas Computacionais aplicadas em estudos de Processos Costeiros

Devido a necessidade de pesquisadores em sedimentologia processar e analisar uma grande quantidade de dados obtidos a partir da classificação de sedimentos em função de sua granulometria, teve início em 1999 a versão de uma ferramenta computacional, o **Anased**® com base na metodologia de análise do Laboratório de Geologia Marinha e Aplicada da Universidade Federal do Ceará de autoria do Dr. Sávio Freire Lima (LIMA *et al.*, 2001).

Na segunda metade de 2001, o programa foi reestruturado e as rotinas foram otimizadas com o objetivo de torná-lo mais intuitivo para o usuário. O programa analisa a distribuição dos sedimentos, determina as classes granulométricas e os parâmetros estatísticos propostos por Folk e Ward (1957), porém o programa não tem uma interface com formulários analíticos do laboratório e não recebe mais atualizações.

Ainda em 2001 Blott e Pye (2001) desenvolveram um programa, o **Gradistat**®, onde possui sua interface dentro da plataforma Microsoft Excel que classifica e determina a estatística da distribuição dos grãos de sedimentos.

Embora esses programas sejam capazes de fornecer cálculos rápidos de estatísticas de tamanho de grão por Folk e Ward (1957), o usuário ainda precisa inserir manualmente a porcentagem de sedimentos em cada fração de tamanho e, separadamente, determinar os tempos de sedimentação das frações mais finas (< 0,063 mm) com base na densidade das partículas do sedimento.

Além disso o usuário deve transcrever manualmente nos programas os pesos retidos em uma série de peneiras obtidas após ensaio laboratorial a uma resolução de aproximadamente de 10 mg. Esse valor é considerado baixo, já que as balanças analíticas de precisão atuais possuem uma resolução mínima de 0,01 mg, tornando-as 100 vezes mais precisas. No entanto, é evidente que esses programas têm atendido, e ainda atendem, às necessidades dos estudos sobre processos costeiros, especialmente quando comparados aos métodos utilizados no passado, conforme destacado por Blott e Pye (2001):

“Embora programas que são capazes de analisar dados de tamanho de grão que foram publicados no passado, estes são muitas vezes complicados de usar ou que permitem poucas modificações para requisitos individuais.” (Blott e Pye, 2001, p.1240)⁴

⁴ Earth Surf Processes Landf - 2001 – Blott e Pye - GRADISTAT a grain size distribution and statistics package for the analysis of unconsolidated sediments 1237–1248 p 2001.

Em 2006 foi licenciado o software **SysGran**®, um programa desenvolvido por meio de linguagem de programação Delphi 5, com o propósito de maximizar a velocidade de análise das amostras de sedimentos (Camargo, 2006).

Segundo Camargo (2006), o programa é capaz de analisar centenas de amostras em poucos segundos e é capaz de ler e gravar diretamente planilhas do Excel versões 4.0 e 5.0, porém ainda não há suporte para as planilhas mais modernas do Excel, a partir da versão 7.0.

Ainda conforme Camargo (2006), para as análises estatísticas do sedimento, o **SysGran**® possui um limite de 16.384 amostras, mas os algoritmos para se construir os diagramas, gráficos e relatórios ficam pesados e para muitas amostras a visualização pode levar um tempo considerável.

Mesmo com todas as facilidades introduzidas pelo **SysGran**®, cabe ao usuário interpretar os resultados de maneira apropriada para a hipótese do trabalho. Para isso, algumas precauções devem ser tomadas conforme destaca Camargo (2006), onde:

“O modelo estatístico no qual todos os parâmetros são estimados é baseado na distribuição normal e, portanto, amostras com grandes desvios desta distribuição não podem ser corretamente interpretadas. O exemplo típico são amostras com mais de uma moda (multimodais), que não permitem a correta interpretação dos resultados. Por isso, a análise prévia da distribuição de frequência das amostras é recomendável, através dos gráficos histograma e de outras técnicas gráficas disponíveis no SysGran.” (Camargo, 2006, p.372)⁵

A flexibilidade do SysGran pode ser explorada para comparações de métodos. É comum na literatura, por exemplo, comparações entre métodos mostrando as vantagens e desvantagens de cada um. Cada método dá uma ênfase diferente para diferentes partes da distribuição do tamanho do grão.

O método gráfico dá mais peso na porção central da curva de frequência e menos nas caudas. O método das medidas dos momentos é mais acurado pois emprega a população inteira, mas apresenta a desvantagem de ser muito sensível a valores extremos.

⁵ Revista Brasileira de Geociências- 2006 – Camargo - SysGran: um sistema de código aberto para análises granulométricas do sedimento 371-378 p 2006.

Houve uma grande evolução no instrumental e no processamento de dados em laboratórios de análises química e física nos últimos anos. A tecnologia avançou significativamente, tornando os processos mais precisos, eficientes e automatizados.

Contudo, a adoção foi desigual nos laboratórios de análise de sedimentológicas. Conforme apresentado anteriormente, nos estudos de processos costeiros têm sido aplicados programas de análises granulométricas que analisam e apresentam os parâmetros estatísticos a partir da inserção dos teores das frações presentes na amostra de sedimento.

Embora algum desses programas permita um sistema de exportação para estudos de correlação entre os parâmetros, eles não possuem uma interface com formulários analíticos para extração de dados brutos, não realizam o tratamento dos dados de caracterização do sedimento, não possuem interface com ferramentas capazes de minerar dados para formar grupamentos de resultados referente a cada amostra de uma determinada campanha de monitoramento e gerar matrizes de comparação, conforme o Quadro 4 que compara essas funcionalidades.

Quadro 4 — Funcionalidades dos Programas de Análises Sedimentológica

FUNCIONALIDADES	ANASED © 2001	GRADISTAT © 2001	SYSGRAN © 2006
Interface com formulários de ensaios laboratoriais	✗	✗	✗
Tratamento dos dados de caracterização de sedimentos	✗	✗	✗
Determinação dos parâmetros estatísticos	✓	✓	✓
Mineralização de dados, filtros avançados e geração de matrizes	✗	✗	✗
Compatibilidade com sistemas operacionais e Linguagem	Windows XP, Vista e 7 Linguagem ASCII	Windows XP, Vista e 7 Linguagem Microsoft Office (Excel)	Windows 98, ME, 2000 e XP Linguagem Delphi 5

Fonte: Autor.

Conforme Camargo (2006), o programa SysGran é capaz de ler e gravar diretamente planilhas do Excel versões 4.0 e 5.0, porém não há suporte para as planilhas mais modernas do Excel, ou seja, não há compatibilidade e nem atualização para os sistemas operacionais Windows Vista e o Windows 7, 8, 8.1 10 e 11, assim como os outros programas não há mais compatibilidade e nem atualização para sistemas operacionais Windows 8, 8.1 10 e 11.

2.5.6 Contribuições desta Pesquisa

Esta dissertação de mestrado profissional foi desenvolvida no âmbito do projeto "Processos Erosivos Crônicos e a Variabilidade Temporal de Células de Deriva Litorânea nas Praias da Enseada – Guarujá e Itaguapé – Bertioga, SP".

Este projeto, que envolveu apresentar os resultados da aplicação de um método morfo-sedimentológico utilizados para a identificação de processos sedimentares predominantes em praias arenosas, serviu como base para esta pesquisa, fornecendo o contexto e a fundamentação teórica necessárias para a análise dos resultados esperados.

O projeto serviu como fonte primária de informações, fornecendo os dados morfométricos obtidos dos registros dos perfis de monitoramento estudados nessas praias e da coleta de sedimentos realizados por técnicos do Instituto de Pesquisas Ambientais de São Paulo.

A análise físico-química nas amostras, determinação dos parâmetros morfotexturais e a síntese dos resultados da aplicação do método de identificação de células de deriva litorânea foram realizados pelo autor, com apoio dos técnicos do Laboratório de Análise Geológica do Instituto de Pesquisas Ambientais de São Paulo.

Em vista da necessidade de processar e analisar uma grande quantidade de dados, foi proposto aplicar às ferramentas computacionais as seguintes funções: organização e tratamento dos dados, determinação de parâmetros estatísticos e geração de matrizes de comparação dos parâmetros morfotexturais.

Estas funções desenvolvidas na linguagem VBA (Visual Basic Applications) e baseadas em modelos preditivos de processos sedimentares, foi elaborado de forma a permitir ao usuário realizar de forma automatizada essas funções por meio de comandos específicos que realizam a extração, tratamento de dados, exportação, importação, cálculos estatísticos, agrupamentos e sínteses.

As ferramentas computacionais foram desenvolvidas para aplicação em três processos distintos com propósito tornar as rotinas mais fáceis, rápidas e intuitivas para usuários com pouca prática em tratamento de dados e análise estatísticas, mas com mais conhecimento em análises laboratoriais.

O primeiro processo envolve as atividades de processamento de dados, tratamento dos dados, análise e exportação dos dados, obtidos a partir de ensaios laboratoriais de amostras de sedimento, esse primeiro processo gera uma saída de

resultados da caracterização da amostra e teores das frações granulométricas. O segundo processo envolve atividades de importação de dados e cálculos estatísticos, gerando como saída relatórios e gráficos com resultados de parâmetros estatísticos e classificação texturais.

Finalmente o terceiro processo gera como saída, matrizes de comparação de parâmetros morfotexturais, resultados de processos sedimentares predominantes em cada perfil e relatórios da síntese das matrizes de comparação, contribuindo de forma célere na identificação de processo erosivos.

Em resumo a utilização do pacote de ferramentas desenvolvidas em VBA (Visual Basic for Applications) aplicados em estudos da dinâmica de transporte de sedimentos visa trazer as seguintes contribuições:

Automação de tarefas repetitivas:

Automatizar tarefas de rotina no laboratório, liberam tempo para focar mais em atividades analíticas.

Análise de dados:

O desenvolvimento de algoritmos para análise estatística e construção de gráficos, contribuem para a interpretação dos dados coletados.

Acessibilidade/Reprodutibilidade:

As ferramentas são relativamente fáceis de aprender e utilizar. Automatizar os processos com o VBA, garante-se a reprodutibilidade dos estudos, pois os módulos com códigos podem ser compartilhados e reutilizados por outros pesquisadores, garantindo a consistência dos resultados.

Automatização do modelo preditivo:

Automatizar o modelo morfo-sedimentológico usado na identificação de processos sedimentares contribui para fortalecer a aplicação do método de identificação dos indicadores de erosão.

Diagnóstico e Planejamento: A aplicação das ferramentas computacionais auxilia na elaboração de diagnósticos mais precisos da situação costeira, fornecendo informações cruciais para o planejamento e a gestão de áreas costeiras.

3 CARACTERÍSTICAS DAS ÁREAS DO OBJETO DE ESTUDO

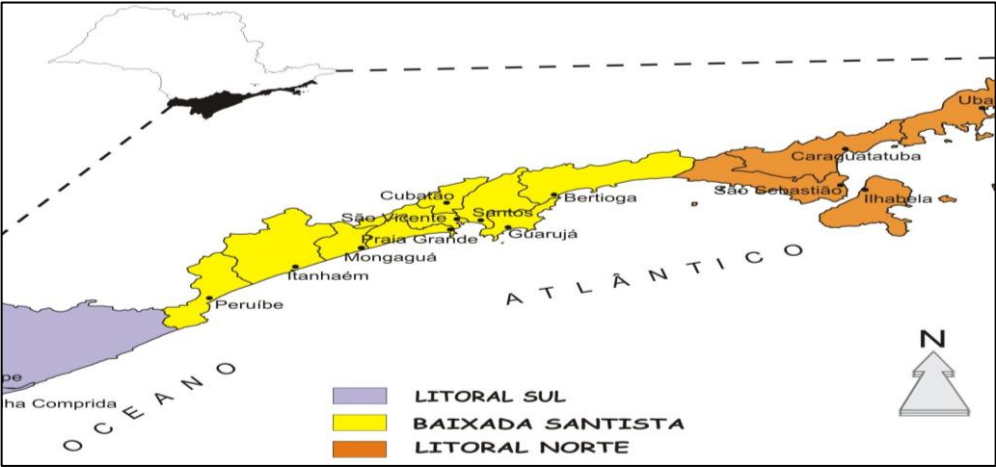
As ferramentas computacionais foram aplicadas a partir dos dados de caracterização morfotexturais de 17 perfis praias em 13 campanhas, distribuídos entre 2 praias da Baixada Santista em São Paulo (Figura 8), que demandaram a análise de 442 amostras. Na Tabela 3 encontram-se os dados para caracterização morfotextural dos perfis praias, com o número de zonas por perfis, números de campanhas, total de amostras, número de parâmetros morfotexturais e número de determinações laboratoriais.

Tabela 3 — Demanda de dados para caracterização morfotextural dos perfis praias

Praias	Número de Perfis	Número de Zonas	Número de Campanhas	Número de amostras	Número de Parâmetros Morfotexturais	Número de Ensaios Laboratoriais
ENSEADA (GUARUJÁ) SP	10	2	13	260	1560	3640
ITAGUARÉ (BERTIOGA) SP	7	2	13	182	1092	2548

Fonte: Autor.

Figura 8 — Áreas do objeto de estudo: Baixada Santista - São Paulo



Fonte: Adaptado IPA (Instituto de Pesquisas Ambientais), 2023.

3.1 Localização dos perfis praias

Na praia da Enseada (Figura 9) localizada no município de Guarujá e na praia do Itaguapé (Figura 10) localizada no município de Bertioga, Região Metropolitana da Baixada Santista em São Paulo, Brasil, foram georreferenciados os 17 perfis praias.

A localização desses perfis, bem como a identificação dos pontos de controle da zona emersa e submersa, se encontra na Tabela 4 e Tabela 5.

Para georreferenciar a localização e os pontos foram utilizados o serviço do *Google Maps*, seguindo as seguintes etapas de:

Pesquisa por coordenadas

- 1- As coordenadas UTM (*Universal Transverse Mercator*) (metros) obtidas do GPS são convertidas em graus decimais por meio de conversor de coordenadas geográficas WGS84 (World Geodetic System 1984);
- 2- As coordenadas de latitude e longitude em graus decimais são inseridas na caixa de pesquisa.

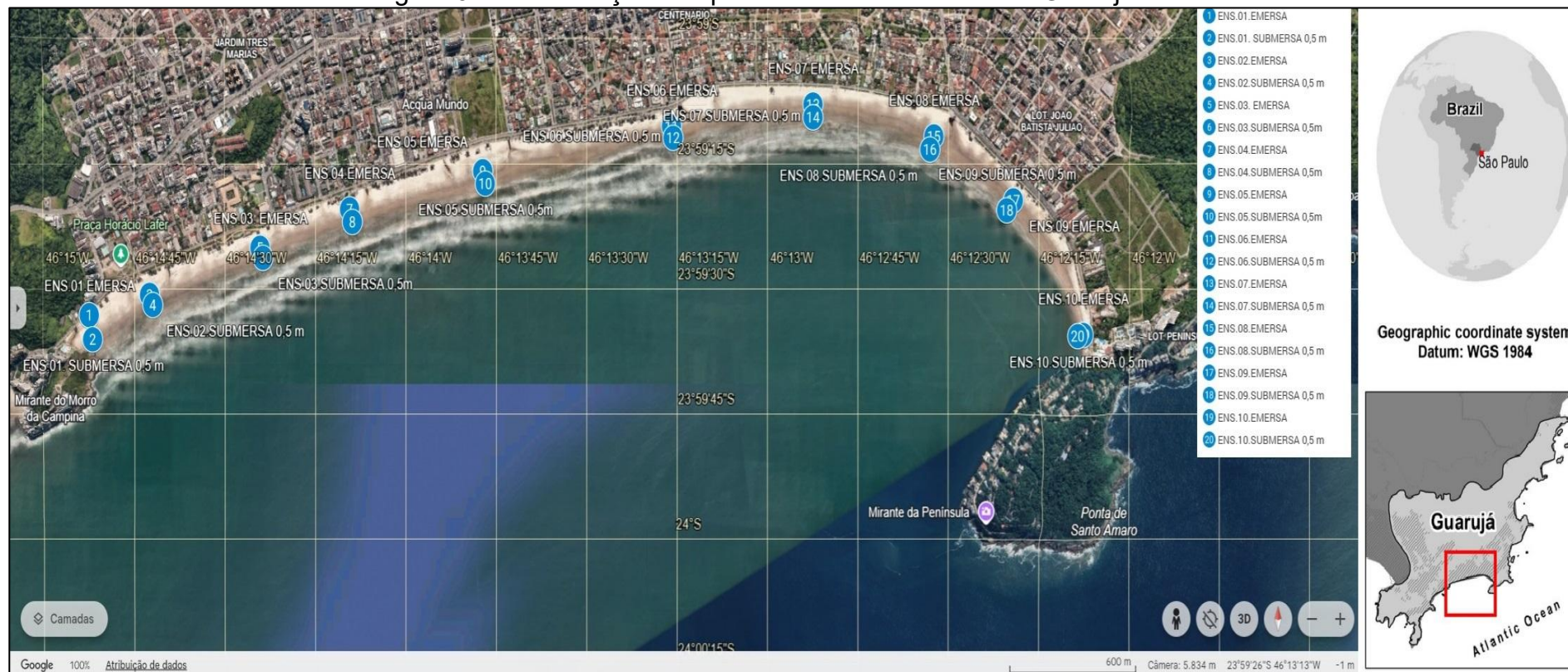
Adição de lugares ao mapa

- 1- Criação do mapa no *My Maps*;
- 2- Busca do local no mapa;
- 3- Acesso ao resultado no mapa;
- 4- Adição do local ao mapa.

Aparência dos elementos no mapa e modo de visualização

- 1- Agrupamento dos locais por sequências de números;
- 2- Definição de rótulos (descrição e nome do ponto);
- 3- Estilo do marcador (cor e formato);
- 4- Estilo do mapa (satélite, atlas ou relevo);
- 5- Visualização (padrão ou *Google Earth*)

Figura 9 — Localização dos perfis – Praia da Enseada - Guarujá - SP



Fonte: <https://www.google.com/maps/d/edit?mid=1HiHQ5DKFeKFh8494li59OL5wGENwVD4&usp=sharing>, 2023.

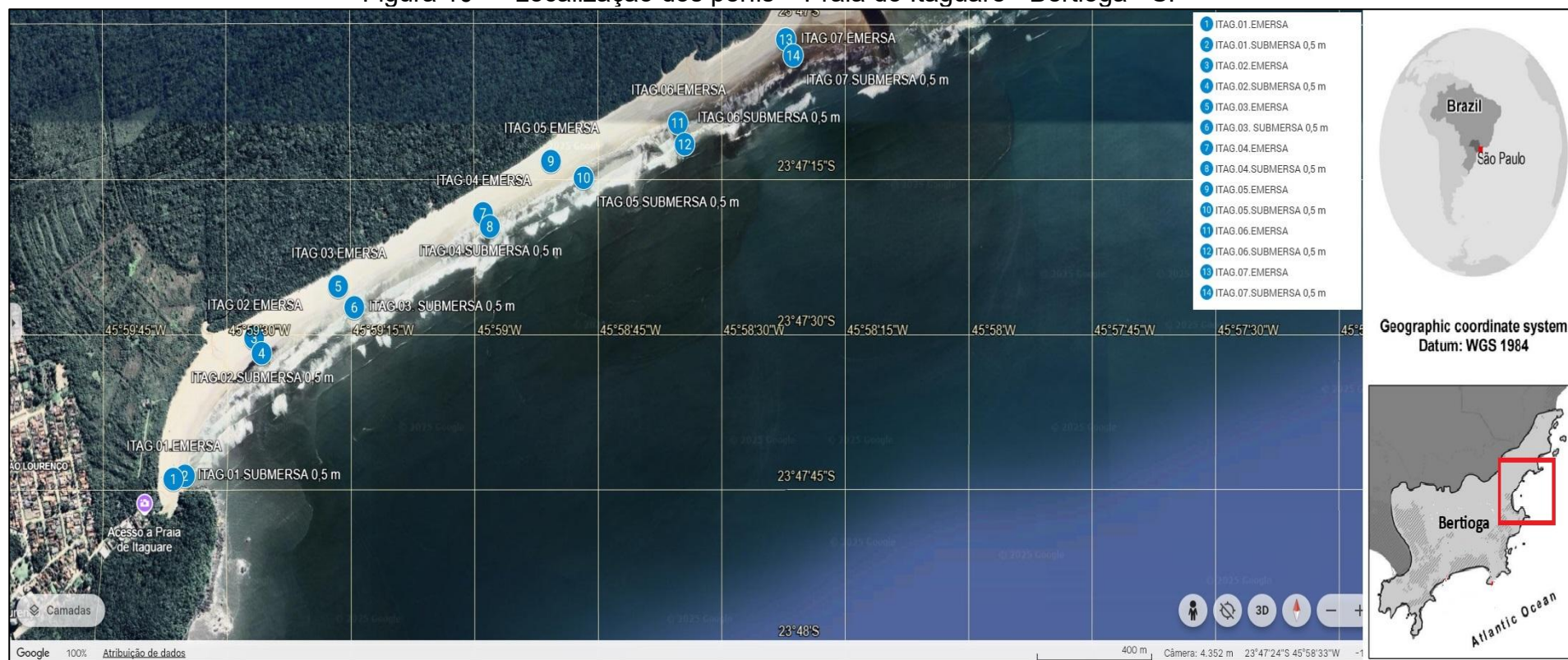
Legenda: Visualização no modo *Google Earth*, com escritos referentes a localização e identificação dos pontos de monitoramento da praia.

Tabela 4 — Coordenadas Geográficas dos perfis da Praia da Enseada - Guarujá- SP

Número Sequencial	Identificação Perfil	Nome do Local	Coordenadas Geográficas
1	ENS.01.EMERSA	Morro da Campina	-23.99323, -46.24790
2	ENS.01.SUBMERSA 0,5 m		-23.99338, -46.24760
3	ENS.02.EMERSA	Heliponto GCM	-23.99186, -46.24513
4	ENS.02.SUBMERSA 0,5 m		-23.99219, -46.24498
5	ENS.03.EMERSA	Thai Lounge Bar	-23.99029, -46.24005
6	ENS.03.SUBMERSA 0,5 m		-23.99062, -46.23991
7	ENS.04.EMERSA	Posto 8 Educa surfe	-23.98901, -46.23591
8	ENS.04.SUBMERSA 0,5 m		-23.98943, -46.23579
9	ENS.05.EMERSA	Av. Salim Farah Maluf	-23.98774, -46.22978
10	ENS.05.SUBMERSA 0,5 m		-23.98815, -46.22967
11	ENS.06.EMERSA	Av. Atlântica	-23.98625, -46.22109
12	ENS.06.SUBMERSA 0,5 m		-23.98663, -46.22101
13	ENS.07.EMERSA	Bach. Alaor. Posto 10	-23.98552, -46.21456
14	ENS.07.SUBMERSA 0,5 m		-23.98594, -46.21456
15	ENS.08.EMERSA	Rua Acre	-23.98658, -46.20900
16	ENS.08.SUBMERSA 0,5 m		-23.98701, -46.20918
17	ENS.09.EMERSA	Rufinos	-23.98871, -46.20534
18	ENS.09.SUBMERSA 0,5 m		-23.98904, -46.20564
19	ENS.10.EMERSA	Tortuga	-23.99319, -46.20213
20	ENS.010.SUBMERSA 0,5 m		-23.99323, -46.20238

Fonte: Autor.

Figura 10 — Localização dos perfis – Praia do Itaguapé - Bertioga - SP



Fonte: <https://www.google.com/maps/d/edit?mid=12vGL55fVPEbGXpdKJ0TEywB2slct5B0&usp=sharing>, 2023.

Legenda: Visualização no modo Google Earth, com escritos referentes a localização e identificação dos pontos de monitoramento da praia.

Tabela 5 — Coordenadas Geográficas dos perfis da Praia do Itaguapé - Bertioga-SP

Identificação Perfil	Nome do Local	Coordenadas Geográficas
ITAG.01. EMERSA		-23.79553, -45.99347
ITAG.01. SUBMERSA 0,5 m		-23.79545, -45.99308
ITAG.02. EMERSA		-23.79175, -45.99076
ITAG.02. SUBMERSA 0,5 m		-23.79216, -45.99051
ITAG.03. EMERSA		-23.79037, -45.98792
ITAG.03. SUBMERSA 0,5 m		-23.79073, -45.98846
ITAG.04. EMERSA	Praia modesta em local natural, sem urbanização	-23.78840, -45.98304
ITAG.04. SUBMERSA 0,5 m		-23.78875, -45.98282
ITAG.05. EMERSA		-23.78700, -45.98075
ITAG.05. SUBMERSA 0,5 m		-23.78744, -45.97965
ITAG.06. EMERSA		-23.78597, -45.97647
ITAG.06. SUBMERSA 0,5 m		-23.78654, -45.97625
ITAG.07. EMERSA		-23.78373, -45.97283
ITAG.07. SUBMERSA 0,5 m		-23.78416, -45.97259

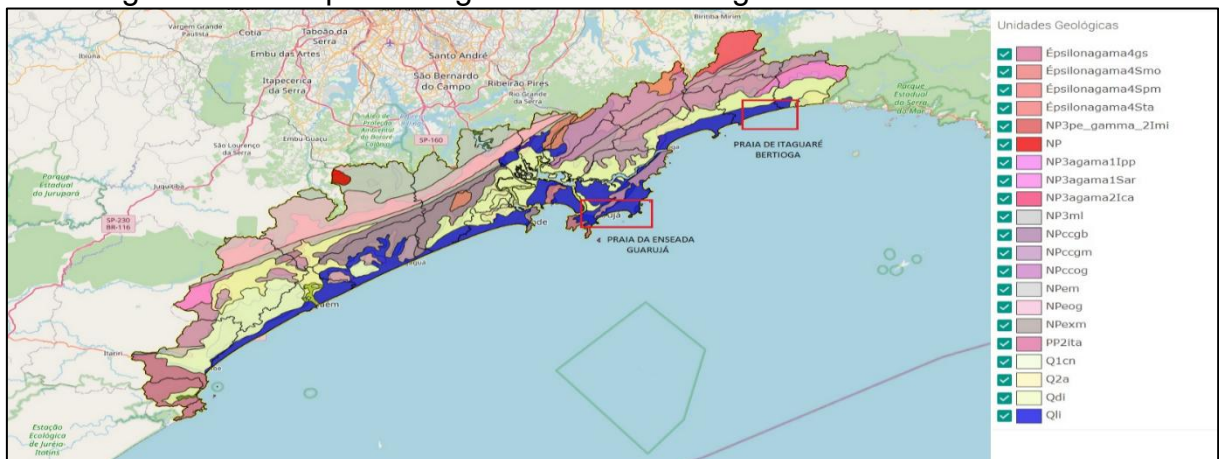
Fonte: Autor.

3.2 Geologia e Geomorfologia

As áreas do objeto de estudo encontram-se na Bacia Hidrográfica da Baixada Santista (UGRHI-7), o Mapa Geológico (Figura 11), apresentado em escala 1:2500000, foi adaptado com base no Mapa Geológico do sistema SIG-WEB-CBH-BS (Sistemas de Informações Geográficas - Comitê de Bacia Hidrográfica da Baixada Santista) e indica a evolução geológica mais recente no Período cenozóico.

Em destaque para os depósitos litorâneos indiferenciados (areia, silte e argila) com a predominância de areia (Qli) e fazem parte também destas sequências, a formação dos sedimentos marinhos e mistos atuais e subatuais, depósitos aluvionares (Q2a) e dos sedimentos aluvionares encontrados nos terraços e nas calhas fluviais, depósitos detríticos indiferenciados (Qdi).

Figura 11 — Mapa Geológico da Bacia Hidrográfica da Baixada Santista



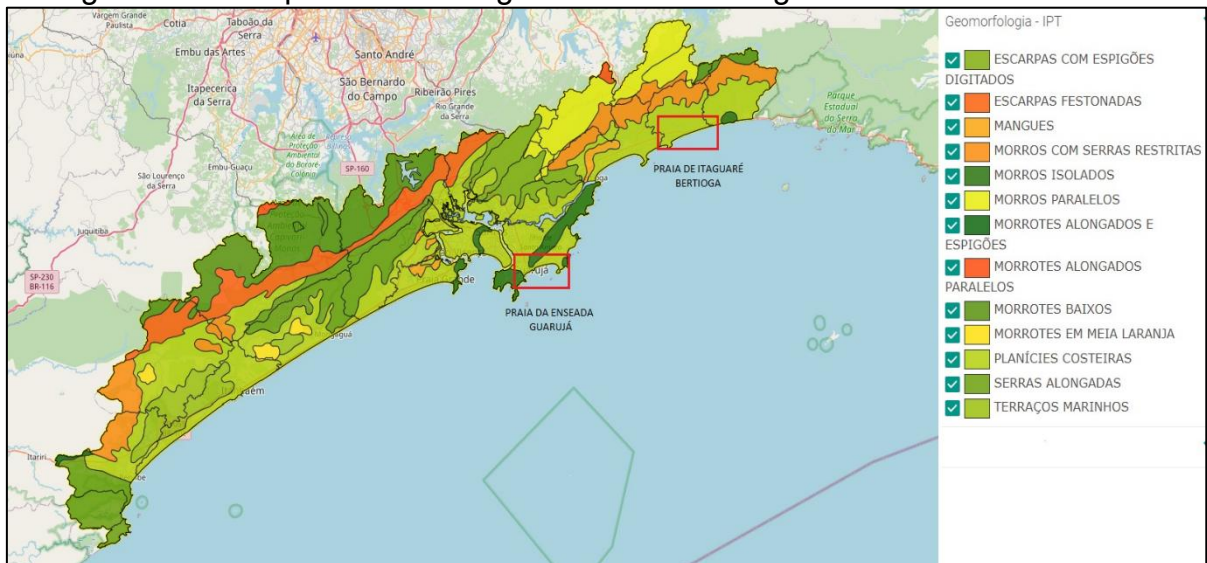
Fonte: Adaptado com base no Mapa Geológico do sistema SIG-WEB - CBH-BS (Comitê de Bacia Hidrográfica da Baixada Santista), 2023.

Quanto à geomorfologia na área estuda, o Mapa Geomorfológico (Figura 12), apresentado em escala 1:2500000, foi adaptado com base nos Mapas disponíveis no sistema SIG-WEB - CBH-BS (Sistemas de Informações Geográficas - Comitê de Bacia Hidrográfica da Baixada Santista).

Conforme o Mapa Geomorfológico, a região é heterogênea, contendo, desde planícies costeiras, mangues e formações associadas, relevos bastante acidentados de serra, englobando escarpas de alta declividade, incluindo a Serra do Mar.

São encontradas ainda zonas de contato da escarpa da Serra do Mar com a planície costeira, na forma de espigões, morros isolados e morros alongados.

Figura 12 — Mapa Geomorfológico da Bacia Hidrográfica da Baixada Santista



Fonte: Adaptado com base no Mapa Geológico do sistema SIG-WEB - CBH-BS (Comitê de Bacia Hidrográfica da Baixada Santista), 2023.

A áreas de estudo estão na planície costeira, entre o oceano e as escarpas da Serra do mar, a praia da Enseada no Guarujá está entre o oceano e os morros isolados e a praia do Itaguapé em Bertioga está entre o oceano e os morros com serras restritas. Essas unidades morfológicas estão divididas em:

- Planície de Bertioga que abarca a faixa linear entre a praia de Boiuçucanga e a cidade de Bertioga;
- Planície Santista que se estende entre os municípios de Santos, São Vicente, Guarujá e Praia Grande;
- Planície de Itanhém que está situada entre Mongaguá e Peruíbe, no extremo sul.

As Planícies Costeiras possuem de um modo geral, fragilidade elevadas por serem constituídas de sedimentos inconsolidados, submetidos às acomodações constantes e lençol freático raso e, por estarem sujeitos a inundações periódicas.

Os maiores sistemas de manguezais estão localizados no complexo Estuarino de Santos/São Vicente, no rio Itapanhaú e Canal de Bertioga e próximo ao rio Itanhaém.

3.3 Aspectos Meteo-Oceanográficos

3.3.1 Clima

Conforme estudos de Wong *et al.* (2014) e Brasil (2016), o aumento na frequência dos extremos climáticos de chuva leva a um maior escoamento superficial, que transporta sedimentos para o mar, desequilibrando o balanço natural de sedimentos e intensificando a erosão costeira.

Esse cenário de chuvas combinado com a elevação do nível do mar, deixa a proteção natural da praia mais tempo submersa. Dessa forma, a capacidade de atenuação da energia das ondas fica reduzida e as praias ficam mais expostas, aumentando significativamente o potencial de erosão costeira (Gouveia Junior; Fernandes; Castro, 2022).

Conforme CLIMATE DATA (2023), na cidade do Guarujá – SP o clima é tropical com uma pluviosidade significativa. Mesmo no mês mais seco, há muita chuva. A classificação climática de Köppen-Geiger identifica este padrão meteorológico específico como pertencente à categoria de Af (clima equatorial).

Na cidade do Guarujá - SP a temperatura média é 22.0 °C. Segundo DAEE (2023), a pluviosidade média anual foi de 189,4 mm no período estudado, utilizando os dados mensais da estação pluviométrica E3-043 - PEREQUE (Tabela 6).

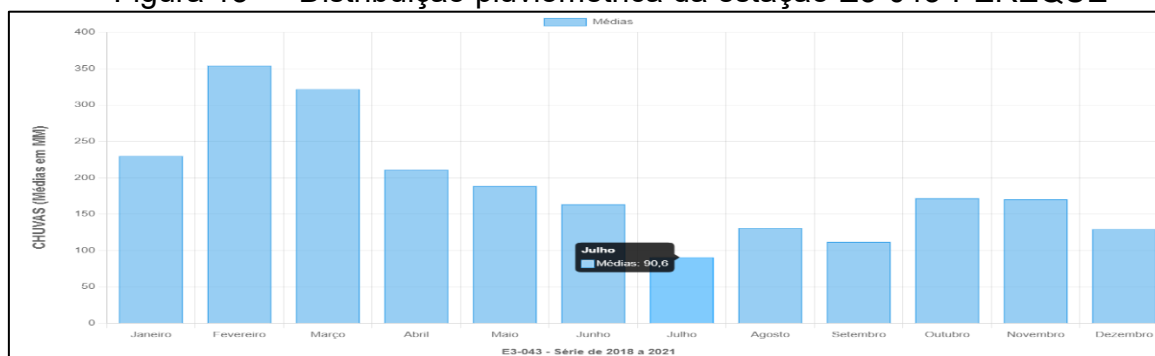
Tabela 6 — Dados pluviométricos (mm) da estação E3-043 – PEREQUE

Ano	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez
2018	231,6	236,6	265,7	286,5	54,1	210,9	81,2	90,9	44,2	196,3	208,9	133,6
2019	270,7	469,5	403,1	377,9	379,8	92,4	136,0	126,0	163,1	82,3	164,8	99,7
2020	145,5	450,5	465,1	31,9	86,4	204,7	107,0	136,1	177,1	139,8	222,6	158,3
2021	271,5	259,7	153,0	147,7	234,0	145,7	38,2	170,1	62,4	268,8	84,7	125,5
Média	229,8	354,1	321,7	211,0	188,6	163,4	90,6	130,8	111,7	171,8	170,2	129,28
Média Anual	189,4											

Fonte: Adaptado DAEE (2023).

Em julho, o nível de precipitação desce para uma média de 90,6 mm. Com uma média de 354,1 mm, fevereiro é o mês de maior precipitação (Figura 13).

Figura 13 — Distribuição pluviométrica da estação E3-043-PEREQUE



Fonte: DAEE (2023).

Segundo Climate Data (2023), na cidade de Bertioga - SP o clima é quente e temperado, a precipitação é notável ao longo de todo o ano, sendo que mesmo o seu mês mais árido registra uma quantidade considerável de precipitação. O clima é classificado como Cfa (clima subtropical úmido) de acordo com a Köppen-Geiger. 21.2 °C é a temperatura média.

Conforme DAEE (2023), a pluviosidade média anual foi de 289,5 mm no período estudado, utilizando os dados mensais da estação pluviométrica E3-040 - USINA ITATINGA (Tabela 7).

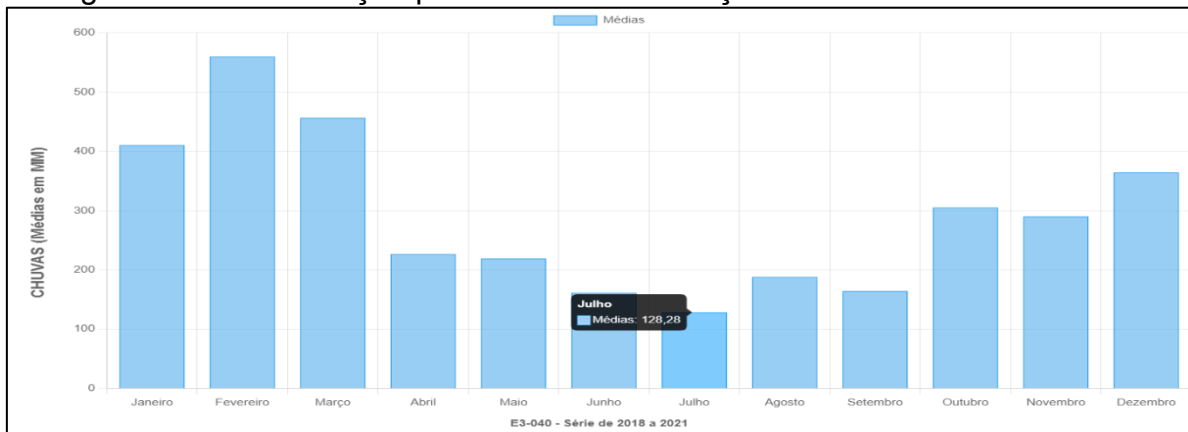
Tabela 7 — Dados pluviométricos (mm) da estação E3-040 - USINA ITATINGA

Ano	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez
2018	552,0	573,5	673,7	---	193,7	193,2	55,7	128,7	48,9	436,8	424,5	360,7
2019	359,9	---	---	295,4	344,6	113,9	247,8	269,5	251,5	181,1	199,6	218,6
2020	492,7	587,0	442,9	51,4	138,3	232,4	177,1	137,1	230,8	297,2	399,1	513,5
2021	237,2	519,2	254,0	333,0	200,7	105,5	32,5	216,7	126,1	---	137,9	---
Média	410,5	559,0	456,9	226,6	219,3	161,3	128,3	188,0	164,3	305,0	290,3	364,3
Média Anual	289,5											

Fonte: Adaptado DAEE (2023)

Em julho, o nível de precipitação desce para uma média de 128,3 mm. Com uma média de 559,0 mm, sendo fevereiro o mês de maior precipitação (Figura 14).

Figura 14 — Distribuição pluviométrica da estação E3-040 - USINA ITATINGA



Fonte: DAEE (2023).

3.3.2 Ondas

KOMAR (1983) afirma que as ondas são as principais responsáveis pela erosão costeira, tendo uma importância singular nos processos de dinâmica e gerenciamento costeiros. A morfologia dos perfis praias em uma determinada região é função do nível energético das ondas, uma vez que essa energia é liberada nas zonas costeiras.

Neste sentido, quanto ao grau de exposição, as praias podem ser identificadas desde muito expostas a muito protegidas, sendo a variabilidade física resultante da combinação de parâmetros básicos, como característica das ondas e granulometria do sedimento (Mclachlan, 1980).

Destes dependem a morfologia do fundo, o padrão de circulação e a dinâmica de correntes (Willcock, 1987). De acordo com o grau de intensidade destes fatores, as praias podem ser classificadas quanto à morfodinâmica em dois estados extremos, dissipativos e refletivos, e quatro intermediários.

Souza (1997, 2001), estudando as praias do Estado de São Paulo, introduziu os conceitos de “alta energia” (costas abertas) e “baixa energia” (costas abrigadas) e, com base na classificação morfo-sedimentológica de Sazaki, 1980 (apud Carter, 1988), contendo as principais características das praias para três estados morfodinâmicos: dissipativo, intermediário e reflexivo.

Segundo Souza (2009), a praia da Enseada no Guarujá/SP e a praia do Itaguapé em Bertioga/SP apresentam morfodinâmica intermediária com tendências dissipativas (Quadro 5), governada por complexa circulação de correntes de deriva litorânea e correntes de retorno.

Quadro 5 — Morfodinâmica intermediária com tendências dissipativas

Parâmetro	Domínio Morfodinâmico	
	Dissipativo	Intermediário
<u>Ondas</u>		
Tipos de quebra	Deslizante (spilling)	Deslizante (spilling)/Mergulhante (plunging)
Número de Quebras	>3	1-3
Refletividade	Baixa	-
Nível relativo de energia	Alto	Médio

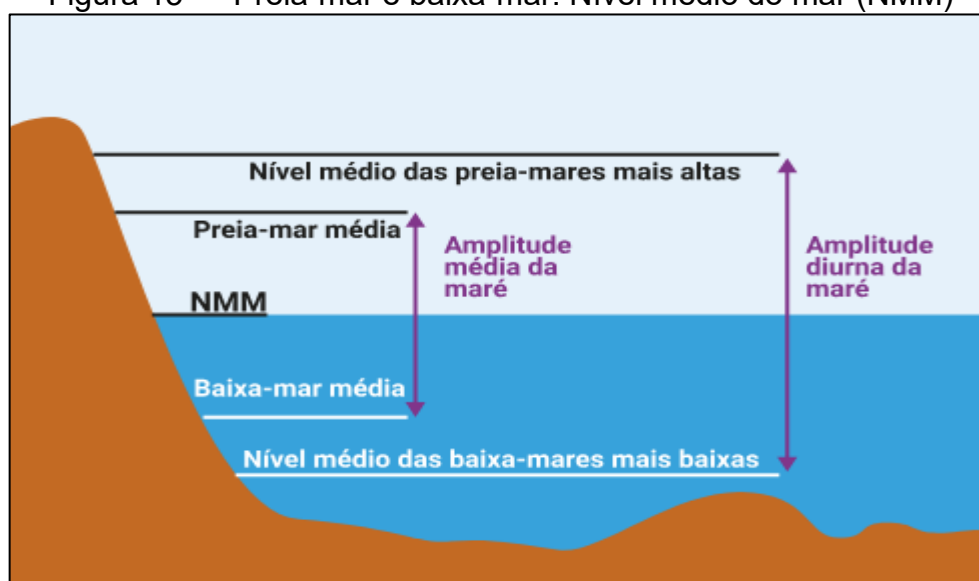
Fonte: Modificado de SASAKI, 1980 apud CARTER, 1988.

3.3.3 Marés

Segundo Stevin (1590) a causa das marés é atribuída à atração da Lua sobre a massa de água, causada primariamente pelas diferenças na atração gravitacional da Lua e, em menor extensão, do Sol sobre os diversos pontos da Terra.

Existem duas qualificações para definir os tipos de marés. A primeira delas é a altura da maré, a segunda é a fase da Lua. A altura de maré pode ser classificada em maré alta ou preia-mar, quando a água do mar atinge sua altura mais alta dentro do ciclo das marés e maré baixa ou baixa-mar, quando a água do mar atinge sua altura mais baixa dentro do ciclo das marés (Figura 15).

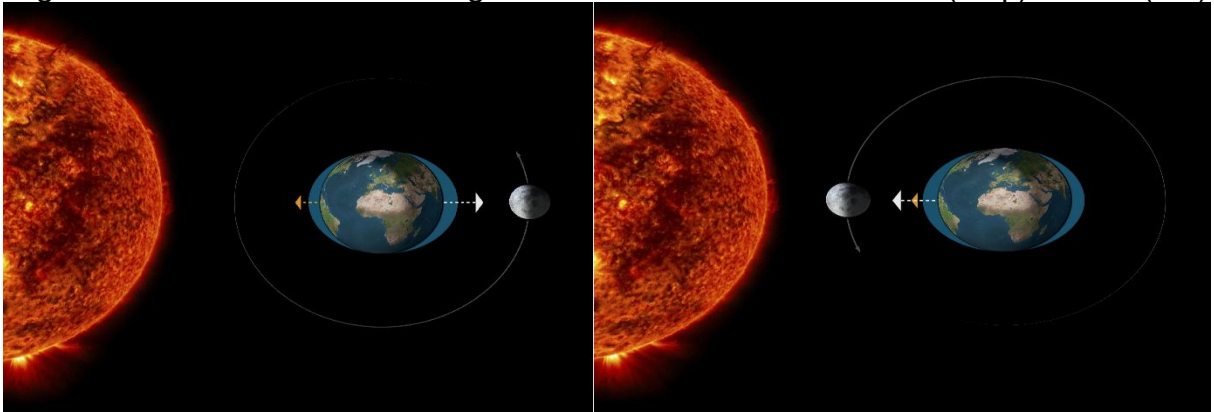
Figura 15 — Preia-mar e baixa-mar. Nível médio do mar (NMM)



Fonte: <https://tabuademares.com/mares/tipos-mares>, 2023.

Em relação a fase da lua diferenciamos dois tipos de marés, nos períodos de Luas grandes (Cheias e Novas), onde a Terra, o Sol e a Lua estão em oposição ou conjunção, ocorre uma somatória de forças desses astros, e o movimento das marés atinge seu ponto extremo (tanto nas preamares quanto nas baixa-mares), fazendo assim que ocorram as marés de sizígia ou de marés-vivas (marés de grande amplitude) (Figura 16), onde as águas correm em grande velocidade.

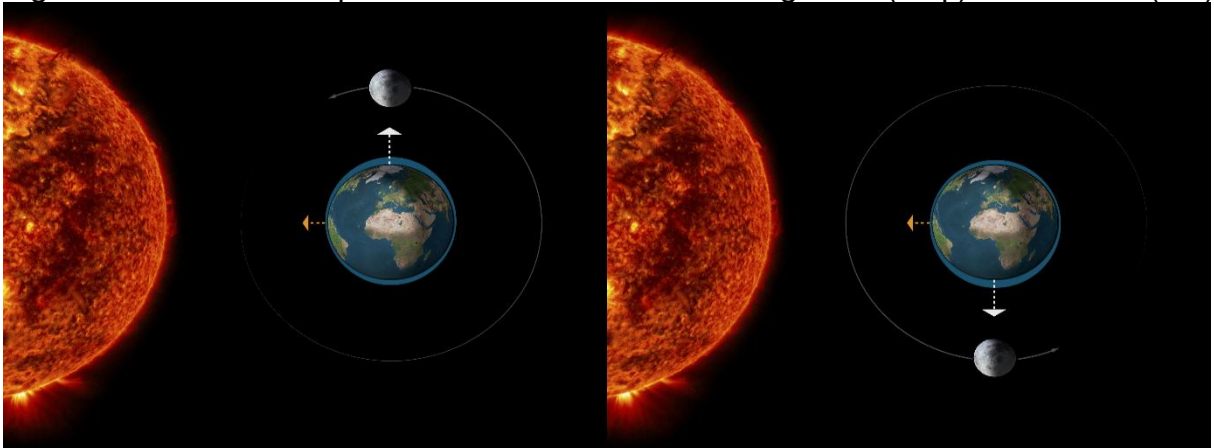
Figura 16 — Marés vivas ou sizígia durante as fases de lua cheia (esq.) e nova (dir.)



Fonte: <https://tabuademares.com/mares/tipos-mares>, 2023.

Nos períodos de Quartos Crescentes e Minguantes, ocorre o inverso das sizíguas, que são as marés de quadratura (Figura 17), onde as águas são calmas e de pouca velocidade. O Sol e a Lua encontram-se em quadratura quando as forças atrativas se encontram defasadas em 90° . É durante este período, quarto minguante e quarto crescente, que as marés atingem a amplitude mínima chamando-se assim de marés mortas.

Figura 17 — Marés de quadratura nas fases de lua minguante (esq.) e crescente (dir.)



Fonte: <https://tabuademares.com/mares/tipos-mares>, 2023.

Os perfis praias monitorados nos meses (fevereiro, maio, agosto e novembro) entre 2018 e 2021 nas áreas do objeto de estudo, foram realizados em período de maré de quadratura, cujas amplitudes máximas e mínimas variaram entre 0,2 e 1,3 m, segundo dados obtidos de estação de marés para Porto de Santos - São Paulo - Brasil (Tabela 8).

Tabela 8 — Amplitude das Marés de Quadratura nas áreas de estudo

Campanha	Data - Enseada Data - Itaguapé	Fase da Lua	Amplitude das Marés (m)
1	21/02/2018 ENS 24/02/2018 ITAG	Crescente	0,3 - 1,1
2	22/05/2018 ENS 24/05/2018 ITAG	Crescente	0,5 - 1,2
3	19/08/2018 ENS 17/08/2018 ITAG	Crescente	0,5 – 1,0
4	29/11/2018 ENS 27/11/2018 ITAG	Minguante	0,4 – 1,2
5	11/02/2019 ENS 13/02/2019 ITAG	Crescente	0,4 – 1,1
6	27/05/2019 ENS 25/05/2019 ITAG	Minguante	0,4 – 1,0
7	24/08/2019 ENS 25/08/2018 ITAG	Minguante	0,5 – 1,2
8	19/11/2019 ENS 17/11/2019 ITAG	Minguante	0,4 – 1,2
9	02/02/2020 ENS 04/02/2020 ITAG	Crescente	0,5 – 1,2
10	25/08/2020 ENS 23/08/2020 ITAG	Crescente	0,5 – 1,1
11	23/11/2020 ENS 21/11/2020 ITAG	Crescente	0,3 – 1,0
12	05/02/2021 ENS 02/02/2021 ITAG	Minguante	0,2 – 1,2
13	20/05/2021 ENS 21/05/2021 ITAG	Crescente	0,3 – 1,3

Fonte: Adaptado <https://surfguru.com.br/previsao/mare/>, 2023.

3.3.4 Caracterização Morfo-sedimentares

Souza (2023), estudando as praias da baixada Santista no Estado de São Paulo, demonstrou em seu estudo que a praia da Enseada no Guarujá/SP possui características de praia mais aberta e larga, constituídas de areias finas a muito finas, muito bem selecionadas, de simétricas à assimétricas no sentido dos finos.

As inclinações médias medidas mais comuns de 2°, mas podendo atingir até 4° para face da praia em alguns perfis. Na praia da Enseada no Guarujá/SP os processos deposicionais identificados se comportaram como zonas de convergência de células de deriva litorânea na maior parte do tempo, com correntes de retorno associadas.

Ainda conforme Souza (2023), os perfis da praia da Enseada no Guarujá/SP em que predominaram processos erosivos se comportaram como zonas de divergência de células de deriva litorânea na maior parte do tempo (erosão natural potencializada). Nos perfis em que predominam o processo de transporte de sedimentos demonstraram ser áreas de constante remobilização de sedimentos.

Segundo Souza (2023), foram identificadas três células de deriva litorânea, com processos erosivos (barlamar) localizados mais aos extremos e centro da praia da Enseada no Guarujá/SP e processos deposicionais (sotamar) entre os pontos.

De acordo com Souza (2009), verificou-se que a praia do Itaguapé em Bertioga/SP possui características de praia com predominância de areia muito finas e finas, muito bem selecionadas, porém com diminuição do grau de seleção em relação a praia da Enseada.

Ainda segundo Souza (2009), foram identificadas duas células de deriva litorânea, com processos deposicionais (sotamar) localizados mais aos extremos e centro da praia do Itaguapé em Bertioga/SP e processos erosivos (barlamar) entre os pontos. Os locais onde ocorrem as zonas de barlamar correspondem a pontos de maior concentração de energia na praia.

Souza (2009) também citou que essas praias apresentam risco de erosão classificado como Alto ou Muito Alto, e relacionou muitos desses riscos de erosão com processos naturais que vêm se intensificando nos últimos anos, como eventos de ressacas extremas.

4 MATERIAIS E MÉTODOS

Foram utilizadas metodologias baseadas em modelos preditivos de processos sedimentares, que se baseiam nas comparações de variações morfo-sedimentares que os perfis de uma praia sofrem ao longo de um período.

Para isso são considerados 3 parâmetros texturais (diâmetro médio, grau de seleção e curtose dos sedimentos) obtidos a partir da determinação de teores das frações granulométricas dos sedimentos, conforme Folk e Ward (1957) e 2 indicadores morfológicos (declividade da praia e largura da praia).

Esse método segue a abordagem proposta por Taggart e Schwartz (1988) e Souza (1997) que sugerem um estudo simples e econômico, baseado no comportamento morfológico e sedimentológico das praias, para identificar células de deriva litorânea, processos sedimentares associados e de auxiliar na identificação de indicadores erosivos.

Essas metodologias são as bases do pacote computacional, assim como os métodos desenvolvidos no VBA (Visual Basic for Applications) para automatizar as funções (extração, tratamento de dados, exportação, importação, cálculos estatísticos, agrupamentos e sínteses).

Para cumprir os objetivos da pesquisa, foram seguidos procedimentos e conceitos metodológicos, divididos em 6 etapas descritas a seguir:

Etapa 1: Amostragem (coleta de dados de monitoramento nos perfis praias);

Etapa 2: Análise laboratorial dos sedimentos (método de análise granulométrica, descrito em SUGUIO (1973);

Etapa 3: Parâmetros morfotexturais (significado dos parâmetros morfológicos, estatísticos, método para determinação e suas interpretações nas amostras);

Etapa 4: Células de deriva Litorânea (identificação, análise e a síntese dos processos sedimentares predominantes);

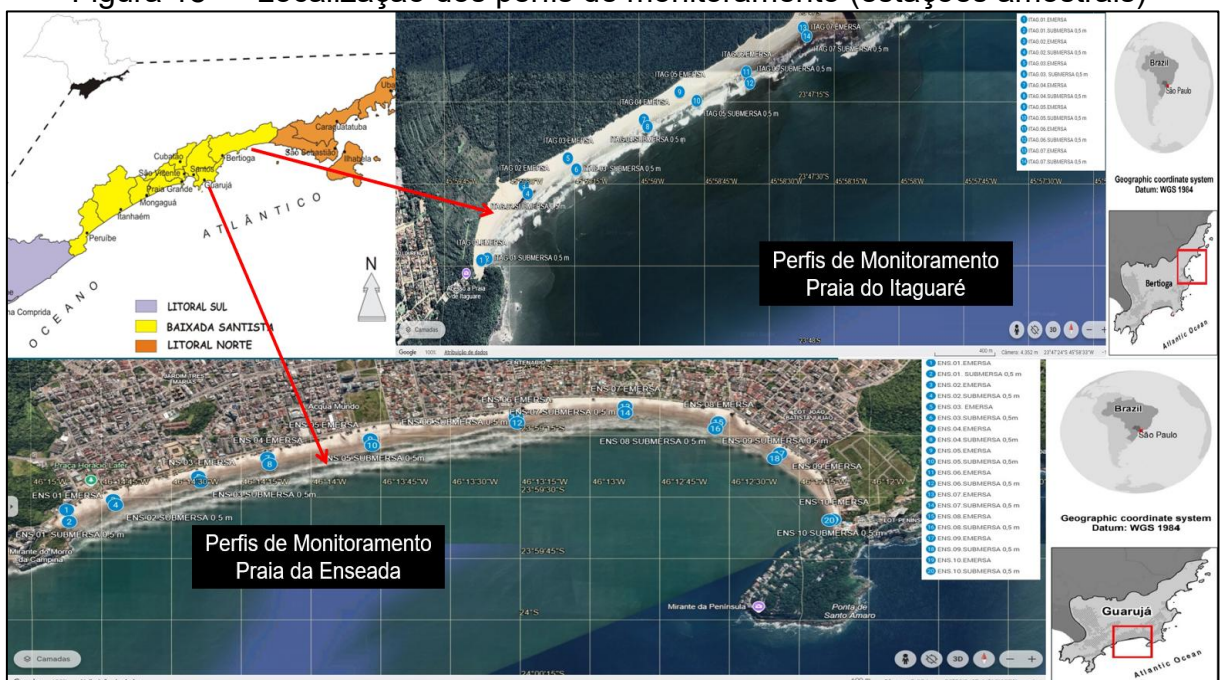
Etapa 5: Memorial de Cálculo (percentual dos pesos retidos, percentis, cálculos dos parâmetros texturais e classificação por Folk e Ward (1957);

Etapa 6: Apresentação das ferramentas computacionais (sub-rotinas aplicadas ao projeto VBA; desenvolvimento e utilização do pacote computacional e a validação).

4.1 Amostragem

Nas áreas do objeto de estudo utilizou-se os dados morfométricos e amostras de sedimento de 17 perfis praias monitorados pelo Programa de Monitoramento de Erosão Costeira nas Praias do Estado de São Paulo, sendo 10 na praia da Enseada (Guarujá - SP) e 7 na praia do Itaguapé (Bertioga - SP) (Figura 18).

Figura 18 — Localização dos perfis de monitoramento (estações amostrais)



Fonte: Mapas georreferenciados no GoogleMaps, adaptado de eventos por Souza et.al. (2019).
<https://www.google.com/maps/d/edit?mid=1HiHQ5DKFeKFh8494li59OL5wGENwVD4&usp=sharing>
<https://www.google.com/maps/d/edit?mid=12vGL55fVPEbGXpdKJ0TEywB2slct5B0&usp=sharing>,
 2023.

As amostras de sedimento de cada perfil, referem-se às porções emersa e submersa (0,5 m) da praia e foram amostradas em períodos de maré de quadratura (maré baixa) prioritariamente durante as fases de lua minguante.

Em média para cada amostra de sedimento é necessário 1 kg em massa, acondicionados em sacos plásticos devidamente identificados para análise laboratorial (Figura 19), o que permite que sejam realizadas todas as análises sedimentológicas necessárias para determinação dos parâmetros texturais, conforme descrito em (Suguio, 1973).

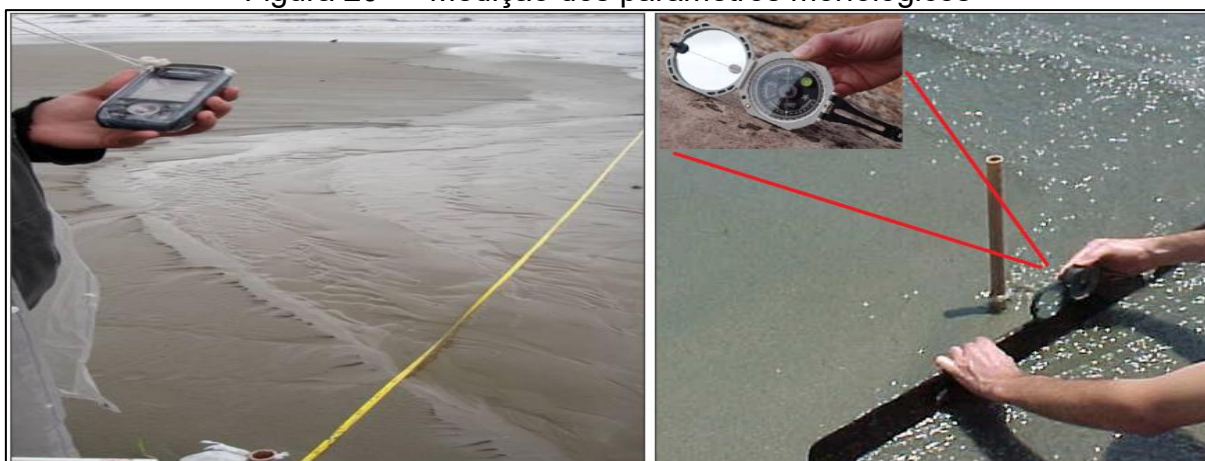
Figura 19 — Amostras acondicionadas em sacos plásticos



Fonte: Souza *et al.* (2019).

Para cada perfil foram coletados os dados de medições dos parâmetros morfométricos, como a largura dos perfis da praia (entre o limite superior da praia e a linha d'água no momento da coleta) medidas por meio de trena e o ângulo de inclinação da praia medidos por meio da bússola Brunton (Figura 20) em cada zona amostrada ao longo das campanhas.

Figura 20 — Medição dos parâmetros morfológicos



Fonte: Souza *et al.* (2019).

Na Tabela 9 e Tabela 10 são apresentados respectivamente os dados dos parâmetros morfométricos da zona emersa e submersa das campanhas na Praia da Enseada (Guarujá-SP) e na Tabela 11 são apresentados os dados dos parâmetros morfométricos da zona emersa das campanhas na Praia do Itaguapé (Bertioga -SP).

Tabela 9 — Parâmetros morfométricos (Emersa) da Praia Enseada (Guarujá-SP)

Data Campanha	Parâmetro morfológico	Perfis amostrais (distância média de 500 m)									
		ENS.1	ENS.2	ENS.3	ENS.4	ENS.5	ENS.6	ENS.7	ENS.8	ENS.9	ENS.10
21/02/2018 Campanha 1	Inclinação (°)	3,5	1,5	2,5	3,0	1,5	1,5	1,5	1,5	1,0	2,5
	Largura (m)	70,8	107,5	76,9	86,0	102,2	56,4	72,9	105	60,6	18,3
22/05/2018 Campanha 2	Inclinação (°)	1,5	1,5	1,5	1,4	1,5	1,8	1,9	2,2	1,1	2,5
	Largura (m)	43,2	68,4	62,9	75,0	115,5	57,0	66,9	118,8	81,6	30,3
19/08/2018 Campanha 3	Inclinação (°)	1,4	1,0	1,3	1,1	0,9	1,4	1,8	0,9	1,0	1,0
	Largura (m)	72,0	87,9	50,1	94,2	123,9	77,7	81,3	135,6	88,2	45,3
29/11/2018 Campanha 4	Inclinação (°)	1,1	1,2	1,4	1,8	1,9	2,2	1,7	1,2	1,2	1,8
	Largura (m)	54,3	125,1	59,4	96,3	107,7	63,0	76,5	123,0	85,2	42,9
11/02/2019 Campanha 5	Inclinação (°)	2,2	1,9	2,3	1,9	2,3	2,2	1,1	1,0	0,7	2,3
	Largura (m)	78,0	114,9	83,7	103,5	112,8	82,5	76,2	127,5	92,4	37,5
27/05/2019 Campanha 6	Inclinação (°)	1,1	2,3	1,6	1,4	1,9	2,0	1,3	1,6	1,2	1,7
	Largura (m)	95,5	110,2	84,3	76,2	106,3	70,8	73,6	116,9	70,7	27,3
24/08/2019 Campanha 7	Inclinação (°)	1,9	1,8	1,8	2,2	1,8	1,5	1,4	1,4	1,1	1,2
	Largura (m)	38,5	66,8	53,6	84,2	80,3	52,3	64,5	97,5	68,6	33,3
19/11/2019 Campanha 8	Inclinação (°)	1,4	1,7	2,1	1,7	1,2	2,0	1,6	1,6	0,9	1,9
	Largura (m)	59,7	87,7	74,0	95,4	119,0	64,6	88,0	127,3	74,9	40,6
02/02/2020 Campanha 9	Inclinação (°)	0,8	2,0	2,7	2,3	1,8	1,3	3,1	2,6	1,9	3,3
	Largura (m)	74,9	83,3	74,5	92,4	90,2	64,6	73,5	104,5	65,6	40,7
25/08/2020 Campanha 10	Inclinação (°)	1,4	1,1	1,2	1,6	1,1	1,5	1,4	1,0	1,3	1,4
	Largura (m)	78,9	86,5	76,5	83,7	102,8	71,5	83,9	110,2	49,9	34,9
23/11/2020 Campanha 12	Inclinação (°)	1,0	1,9	1,6	2,3	0,8	1,9	1,6	0,9	1,1	3,8
	Largura (m)	63,2	86,9	79,1	104,3	117,1	70,3	76,9	103,2	59,0	39,2
05/02/2021 Campanha 12	Inclinação (°)	1,8	1,5	1,9	0,1	0,6	1,3	2,2	2,5	1,1	3,5
	Largura (m)	68,5	113,5	84,6	85,7	67,3	114,3	84,6	109,6	74,4	29,7
20/05/2021 Campanha 13	Inclinação (°)	1,8	2,2	2,0	1,1	2,0	1,1	1,5	1,3	1,7	2,3
	Largura (m)	29,6	65,8	55,5	85,5	88,6	62,7	57,5	95,8	55,8	29,3

Fonte: Adaptado Souza *et al.* (2023).

Tabela 10 — Parâmetros morfométricos (Submersa) da Praia Enseada (Guarujá-SP)

Data Campanha	Parâmetro morfológico	Perfis amostrais (distância média de 500 m)									
		ENS.1	ENS.2	ENS.3	ENS.4	ENS.5	ENS.6	ENS.7	ENS.8	ENS.9	ENS.10
21/02/2018 Campanha 1	Inclinação (°)	1,0	0,0	0,5	0,5	1,0	3,0	1,3	3,5	7,5	3,0
	Largura (m)	118,2	138,8	101,8	109,6	137,3	80,6	115,0	161,0	102,4	27,2
22/05/2018 Campanha 2	Inclinação (°)	0,3	1,5	0,8	1,1	1,4	2,1	1,3	2,3	1,1	1,3
	Largura (m)	43,2	105,6	98,8	165,4	157,0	66,1	94,1	154,7	117,4	69,1
19/08/2018 Campanha 3	Inclinação (°)	1,1	1,1	1,9	1,2	0,8	1,3	1,4	0,8	1,1	1,5
	Largura (m)	100,4	125,3	87,7	137,3	179,1	119,6	116,1	168,1	118,4	63,3
29/11/2018 Campanha 4	Inclinação (°)	1,6	1,8	1,4	1,3	1,3	1,7	1,2	0,8	1,1	3,1
	Largura (m)	82,8	143,7	91,4	177,0	136,1	84,2	110,8	159,1	121,7	61,1
11/02/2019 Campanha 5	Inclinação (°)	0,2	1,0	1,2	1,2	2,0	1,8	4,6	1,5	1,1	0,8
	Largura (m)	120,9	153,6	140,6	149,0	153,4	115,5	115,0	165,4	122,5	50,4
27/05/2019 Campanha 6	Inclinação (°)	0,9	1,3	1,2	1,5	2,0	1,6	1,2	1,4	1,0	1,6
	Largura (m)	142,2	152,5	126,5	127,3	127,3	101,3	123,0	174,5	117,4	57,1
24/08/2019 Campanha 7	Inclinação (°)	2,9	1,9	1,2	1,3	1,8	1,8	1,6	1,5	0,8	1,0
	Largura (m)	54,6	83,6	78,7	123,5	110,1	73,8	113,0	144,9	102,6	70,4
19/11/2019 Campanha 8	Inclinação (°)	1,9	2,4	1,7	1,9	1,3	1,9	1,7	1,0	1,1	3,6
	Largura (m)	85,6	115,0	108,7	130,7	172,8	107,4	115,4	180,7	120,5	56,1
02/02/2020 Campanha 9	Inclinação (°)	1,9	2,5	2,4	2,1	1,4	3,2	2,9	2,9	1,7	4,1
	Largura (m)	114,1	110,7	108,4	122,7	120,8	84,3	91,3	140,1	94,6	43,3
25/08/2020 Campanha 10	Inclinação (°)	1,1	1,9	1,3	1,7	1,4	1,7	1,7	1,2	1,5	1,0
	Largura (m)	122,2	124,3	120,3	108,7	127,8	110,2	127,9	138,3	79,1	58,8
23/11/2020 Campanha 11	Inclinação (°)	4,4	3,4	1,0	3,2	1,2	2,0	2,0	1,2	1,8	2,3
	Largura (m)	81,8	115,3	109,3	134,3	160,0	101,5	101,7	133,3	102,8	51,0
05/02/2021 Campanha 12	Inclinação (°)	2,8	1,6	1,9	--	0,1	1,0	2,5	2,8	2,0	3,3
	Largura (m)	90,5	140,3	114,9	100,1	111,1	164,5	144,7	164,9	109,6	42,9
20/05/2021 Campanha 13	Inclinação (°)	2,6	2,7	2,0	1,2	1,1	2,9	2,1	1,4	1,4	2,0
	Largura (m)	53,1	90,3	81,4	124,8	113,8	89,3	86,5	126,2	103,9	52,9

Fonte: Adaptado Souza *et al.* (2023).

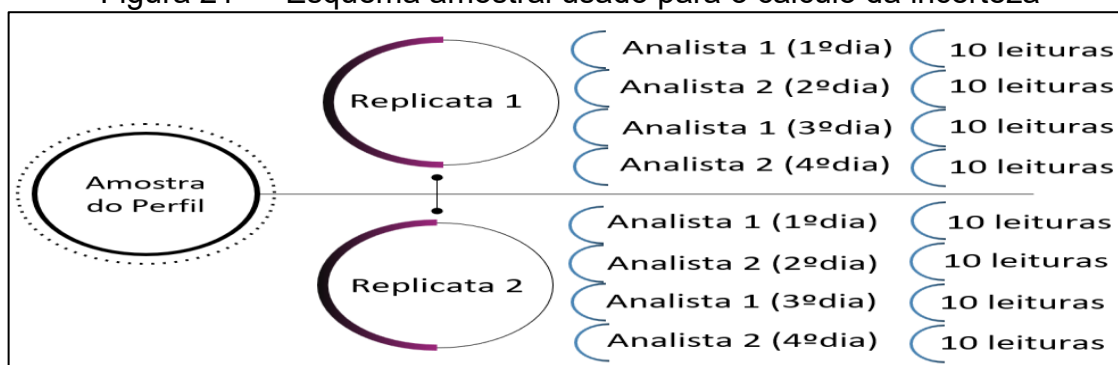
Tabela 11 — Parâmetros morfométricos (Emersa) da Praia Itaguapé (Bertioga -SP)

Data Campanha	Parâmetro morfológico	Perfis amostrais (distância média de 500 m)						
		ITAG.1	ITAG.2	ITAG.3	ITAG.4	ITAG.5	ITAG.6	ITAG.7
24/02/2018 Campanha 1	Inclinação (°)	1,0	0,5	2,0	2,5	1,5	1,0	0,5
	Largura (m)	86,4	99,3	50,9	47,4	58,8	84,3	97,8
24/05/2018 Campanha 2	Inclinação (°)	1,0	0,7	2,1	1,4	1,5	1,0	1,3
	Largura (m)	33,6	40,8	36,0	40,8	51,9	77,4	64,2
17/08/2018 Campanha 3	Inclinação (°)	0,9	2,0	2,0	2,0	1,7	1,4	0,9
	Largura (m)	46,2	42,0	44,4	58,2	54,3	90,6	63,0
27/11/2018 Campanha 4	Inclinação (°)	1,6	1,8	2,0	1,3	1,5	0,9	1,5
	Largura (m)	54,6	68,4	54,9	56,4	69,3	94,2	87,6
13/02/2019 Campanha 5	Inclinação (°)	1,3	1,1	1,7	2,0	1,3	0,7	1,0
	Largura (m)	52,8	73,2	46,8	39,0	41,1	69,3	83,4
25/05/2019 Campanha 6	Inclinação (°)	1,6	1,2	1,9	2,0	1,6	0,5	1,3
	Largura (m)	62,2	76,3	60,3	46,5	24,8	55,1	66,18
25/08/2019 Campanha 7	Inclinação (°)	1,1	1,2	1,7	1,4	1,8	1,8	1,2
	Largura (m)	85,9	94,6	51,0	48,8	48,1	76,9	77,7
17/11/2019 Campanha 8	Inclinação (°)	1,9	1,9	1,4	2,0	2,6	3,3	1,8
	Largura (m)	62,0	61,3	50,3	41,9	55,8	88,2	89,7
04/02/2020 Campanha 9	Inclinação (°)	1,2	1,0	1,3	2,0	1,8	1,1	0,5
	Largura (m)	67,4	76,7	65,8	36,8	70,7	98,4	98,9
23/08/2020 Campanha 10	Inclinação (°)	1,5	1,2	1,4	1,3	1,5	1,8	0,3
	Largura (m)	74,1	80,0	73,4	64,6	54,5	76,7	144,5
21/11/2020 Campanha 11	Inclinação (°)	2,2	0,8	0,9	1,5	1,4	1,7	1,3
	Largura (m)	61,5	67,0	47,3	42,0	59,3	99,8	111,7
02/02/2021 Campanha 12	Inclinação (°)	2,8	0,7	0,1	1,4	0,6	2,4	2,1
	Largura (m)	53,2	66,3	52,9	44,8	67,9	119,0	136,2
20/05/2021 Campanha 13	Inclinação (°)	1,0	1,8	2,0	1,1	2,0	0,7	1,0
	Largura (m)	46,0	42,9	52,6	69,6	42,8	80,8	132,2

Fonte: Adaptado Souza *et al.* (2023).

Como estratégia de garantia que as amostras a serem analisadas sejam representativas do material total amostrado e que a quantidade de análises por amostra seja suficiente para obter resultados com níveis de incerteza baixos e confiáveis, foram selecionadas as duplicatas de amostras de cada perfil em campanhas alternadas, conforme (Ramsey, 2007; Brandão, 2011) e em seguida analisadas conforme esquema amostral (Figura 21).

Figura 21 — Esquema amostral usado para o cálculo da incerteza



Fonte: Adaptado (Guia Nacional de Coleta e Preservação de Amostras de origem ambiental) Publicado CETESB, adotado pela Agência Nacional das Águas (ANA) (2011).

Foi usado para isso o cálculo da Diferença Percentual das Duplicatas (RPD), conforme descrito em (2), onde R1 é a Réplica 1 e R2 é a Réplica 2. O critério de aceitação se dá conforme descrito no Quadro 6.

$$RPD = \left| \frac{R_1 - R_2}{\frac{(R_1 + R_2)}{2}} \right| \times 100 \quad (2)$$

Quadro 6 — Critérios de aceitação do RPD

VARIAÇÃO ENTRE AMOSTRAS (RPD)	CRITÉRIO DE ACEITAÇÃO
$RPD \leq 20\%$	CONFORME
$20\% < RPD \leq 30\%$	SOB SUSPEITA
$RPD > 30\%$	REJEITADO

Fonte: Adaptado EPA Guideline South Australia, 2007.

4.2 Análise laboratorial dos sedimentos

Os sedimentos foram analisados no Laboratório de Análises Sedimentológicas, do Instituto de Pesquisas Ambientais de São Paulo (IPA-SP), conforme a metodologia apresentada por Suguio (1973), com algumas modificações.

Os sedimentos comumente apresentam-se desagregados, mas nos casos de rochas sedimentares antigas têm-se agregados em que as partículas são unidas entre si, em consequência de processos mecânicos e/ou químicos.

A separação dos grãos individuais desses sedimentos é muitas vezes uma operação difícil e mesmo impossível (caso de rochas terrígenas silicificadas), mas facilmente efetuada em arenitos cimentados por carbonato de cálcio (CaCO_3), como é o caso das amostras neste estudo.

Neste caso, para a remoção do cimento, quando as partículas constituintes dos arenitos forem quartzosas não ocorre nenhum problema, porém nas amostras desse estudo existem algumas partículas detríticas de carbonato de cálcio ao lado dos grãos de quartzo, as primeiras serão dissolvidas, falseando os resultados das análises granulométricas.

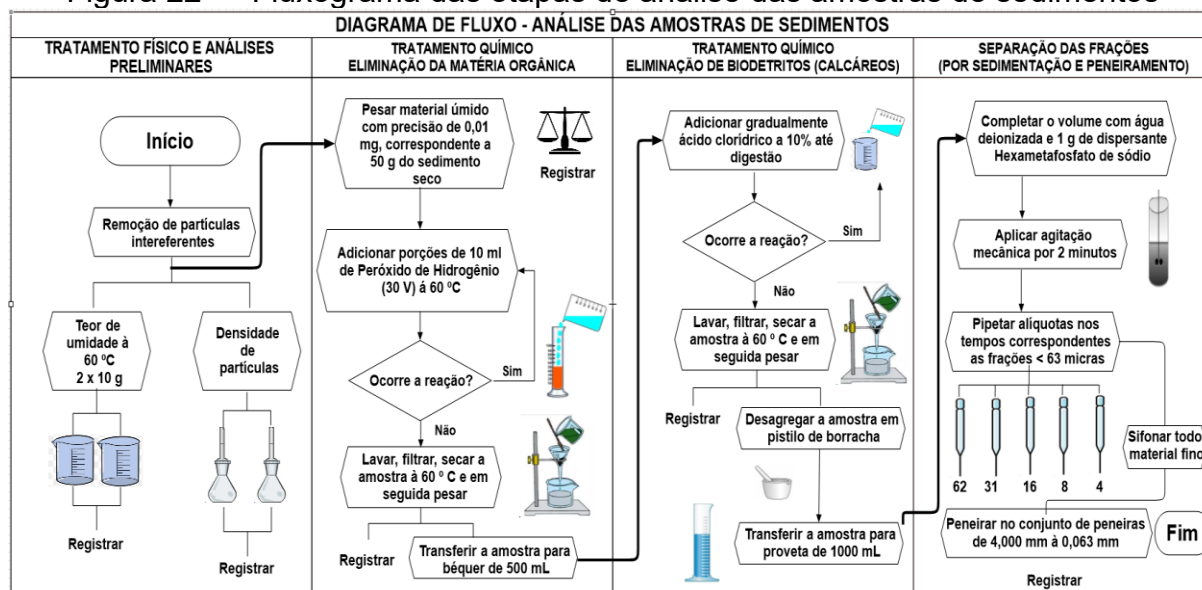
Diante disso, foi realizado o tratamento prévio das amostras de sedimento, utilizando cerca de 50 g de material para o processamento. Este tratamento envolveu a eliminação da matéria orgânica e do calcário biodetrítico por meio de duas etapas de digestão: a primeira com o uso de peróxido de hidrogênio (H_2O_2) e a segunda com ácido clorídrico (HCl).

O fluxograma apresentado na Figura 22 ilustra as etapas, que incluem a determinação do teor de água (umidade), a densidade de partículas e a alíquota da amostra destinada aos fracionamentos granulométricos.

Para a classificação dos sedimentos em função da sua granulometria um conjunto de peneiras com aberturas específicas de 4,000; 2,830; 2,000; 1,410; 1,000; 0,707; 0,500; 0,354; 0,250; 0,177; 0,150; 0,088 e 0,062 mm, conforme descrito em SUGUIO (1973) foram utilizadas no peneiramento para determinar as porcentagens em peso dos grãos retidos em cada classe granulométrica.

Para as frações inferiores a 0,062 mm são utilizados os dados de massa específica do sedimento, temperatura do fluido no início da sedimentação, altura referência e os diâmetros limites das frações 0,004, 0,008, 0,016, 0,031 e 0,062 mm para calcular os tempos de tomada (pipetagem) de material das respectivas frações.

Figura 22 — Fluxograma das etapas de análise das amostras de sedimentos



Fonte: Autor.

4.2.1 Secagem das amostras

Freqüentemente os sedimentos são secos antes de qualquer tratamento, com exceção de amostras que possam conter matéria orgânica mineralizável, ou seja são substâncias que se transformam de orgânica em inorgânica por meio do aquecimento, e assim podem interferir na distribuição granulométrica dos sedimentos.

Para determinar a massa de material úmido (***mu***) que deve ser usada a fim de obter a massa de material seco (***ms***) desejada, duas alíquotas de aproximadamente 20 g devem ser pesadas para a determinação do teor de água, como descrito a seguir:

- Registrar a massa do material úmido (***mu.***), em gramas (g);
- Secar este material à temperatura de 60° C até que se observe a constância da massa (não diferente de 0,01 g entre duas pesagens consecutivas);
- Registrar a massa do material seco (***ms***);
- Calcular o teor de água conforme apresentada por Suguio (1973) (Equação 3).

$$t = \frac{mu - ms}{ms} \quad (3)$$

onde:

t = teor de água

$mu.$ = massa úmida, em gramas

$ms.$ = massa seca, em gramas

4.2.2 Determinação da porção seca destinada aos ensaios

A porção destinada aos ensaios deve ser isenta de objetos estranhos com dimensões desproporcionais e que visivelmente não pertençam à amostra.

O valor da massa de material úmido (m.u) recomendado para ser submetida a desagregação deve ser obtido a partir da massa de material seco (ms) conforme Tabela 12 e do teor de água médio (tm), conforme apresentada por Suguio (1973) (Equação 4).

Tabela 12 — Massa de material seco desejada

Sedimento	Máximo (ms) desejado (g)
Areia	100
Silte	50
Argila Siltica	30

Fonte: (SUGUIO, 1973).

Para as amostras deste estudo foram pesados os materiais úmidos que corresponderem a 50 g de material seco desejado, em vista que o material não necessitava de desagregação e que fora pesado em balança analítica de 4 casas decimais).

$$\mu = ms(1 + tm) \quad (4)$$

onde:

tm = teor de água médio (de duas alíquotas)

μ = massa úmida necessária, em gramas

ms = massa seca desejada, em gramas

4.2.3 Tratamento da amostra de sedimentos contendo matéria orgânica

Segundo a metodologia apresentada por Suguio (1973), sedimentos ricos em matéria orgânica carbonosa floculam em água. É necessária sua eliminação através do ataque de Peróxido de Hidrogênio (H_2O_2) a 50 volumes e cujo processo pode ser acelerado por meio de aquecimento em placa aquecedora.

Como as amostras em estudo não apresentaram material de granulação na fração argila, as etapas para a digestão da matéria orgânica foram desnecessárias para as amostras em estudo.

4.2.4 Tratamento da amostra de sedimento contendo Carbonato de Cálcio

Sedimentos cimentados por carbonato de cálcio ($CaCO_3$) devem ser tratados por digestão ácida, o qual consiste no ataque de ácido clorídrico (HCl) a 10% a frio, para a eliminação do cálcio ($CaCO_3$), conforme descrito por Suguio (1973).

A massa seca (ms) da amostra em que se desejou foi atacada com a solução de ácido clorídrico (HCl) a 10%, após este procedimento a alíquota foi lavada e filtrada em papel filtro (filtração média) com água deionizada, levada à estufa de secagem a $60^\circ C$ por 12 horas (Figura 23).

No caso de sedimentos que continham fragmentos de conchas de constituição carbonática (como os provenientes de ambientes costeiros), tomou-se a decisão de não serem incluídos nas análises granulométricas.

Figura 23 — Etapas de Tratamento do sedimento contendo Carbonato de Cálcio



Fonte: adaptado LABSED – Instituto de Geociências - USP, 2004.

Depois de seco, o material foi novamente pesado em balança analítica (quatro casas decimais). O valor do teor de carbonato de cálcio (CaCO_3), foi encontrado pela diferença de peso entre o total da massa seca ($P1$) antes do tratamento e o valor do peso seco após o tratamento e secagem ($P2$) (Equação 5).

$$Tc = \left[\frac{(P1 - P2)}{P1} \right] \times 100 \quad (5)$$

onde:

Tc = Teor de carbonato de cálcio (CaCO_3) em %

$P1$ = massa seca antes do tratamento, em gramas

$P2$ = massa seca após o tratamento e secagem, em gramas

4.2.5 Remoção de sais solúveis

Amostras de sedimentos contendo sais solúveis podem ser difíceis de dispersar devido à ação flocculante dos sais. A remoção destes constituintes visa simplificar e melhorar os resultados de análises da granulometria. Isso ocorre quando a amostra é lavada repetidas vezes, no caso das amostras desse estudo evitou-se o tratamento com outros solventes, como o acetato de sódio e o ácido acético. Assim sendo deve ser utilizado água deionizada em lavagens repetidas até a remoção dos sais solúveis presentes.

4.2.6 Medida dos tamanhos dos grãos do sedimento

Segundo Suguio (1973), o termo granulometria significa a medida de tamanhos dos grãos, é a análise que permite estabelecer uma expressão quantitativa da distribuição granulométricas das partículas nas amostras.

Para a classificação dos sedimentos em função da sua granulometria um conjunto de peneiras com aberturas específicas de 4,000; 2,830; 2,000; 1,410; 1,000; 0,707; 0,500; 0,354; 0,250; 0,177; 0,150; 0,088 e 0,062 mm (Figura 24), conforme descrito em SUGUIO (1973). São utilizadas para determinar as porcentagens em peso dos grãos que ficam retidos e superiores a 0,062 mm em cada classe granulométrica.

Figura 24 — Conjunto de peneiras com aberturas específicas

TAMPA	
PENEIRA MESH	ABERTURA mm
5	4,000
7	2,830
10	2,000
14	1,410
18	1,000
25	0,707
35	0,500
45	0,354
60	0,250
80	0,177
100	0,150
170	0,088
230	0,062
FUNDO	

Fonte: Autor.

Para as frações inferiores a 0,062 mm utiliza-se o método da pipetagem, baseado no princípio da lei de Stokes, enunciada por este autor em 1854, em que um líquido estacionário, partículas de comportamento não coloidal ($d > 0,5 \mu\text{m}$) decantam com velocidades constantes, atingidas tão logo a resistência do fluido iguale-se à força da gravidade que age sobre a partícula. Em geral a velocidade de decantação das partículas depende do seu raio, da sua forma, da sua densidade, da sua textura superficial e da densidade e viscosidade do fluido.

Como a lei é válida somente em condições de fluido sem turbulência, a eficiência do método diminui com o aumento da turbulência induzida pelo próprio movimento da partícula. Deste modo a pipetagem não é recomendável para grãos maiores que 2 mm. Stokes, ao investigar as velocidades de queda de esferas dentro de cilindros com líquidos de diferentes viscosidades, desenvolveu uma equação empírica que calcula o valor do coeficiente de arrasto (C) (Equação 6).

Com base nesse coeficiente e no diâmetro da partícula limite (D) é possível determinar a velocidade de sedimentação da partícula (Equação 7).

$$C = \frac{[(ds - df) \cdot g]}{18 \cdot v} \quad (6)$$

onde:

C = Coeficiente de arrasto em g.cm.s^{-2}

ds = Densidade específica do sedimento, em g.cm^{-3}

df = Densidade do fluido, em g.cm^{-3}

$$V = C \cdot D^2 \quad (7)$$

onde:

V = Velocidade de sedimentação em cm.s^{-1}

D = Diâmetro da partícula limite em cm.s^{-1}

A análise granulométrica por pipetagem tem por objetivo classificar os diferentes tamanhos de partículas menores que 0,062 mm (silte e argila), baseando-se na velocidade de decantação em meio fluido.

Os dados de massa específica do sedimento, temperatura do fluido no início da sedimentação, altura referência e os diâmetros limites das frações 0,004, 0,008, 0,016, 0,031 e 0,062 mm são as variáveis necessárias para calcular os tempos de tomada (pipetagem) de material das respectivas frações (Equação 8).

$$T = \frac{H}{V} \quad (8)$$

onde:

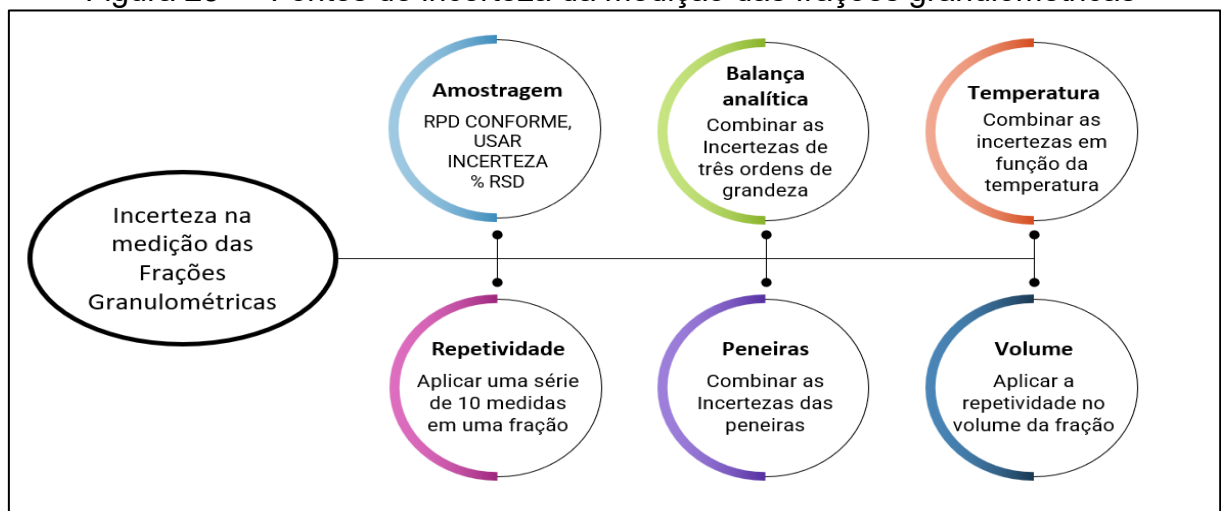
T = Contagem de tempo para tomada de material pela pipeta em segundos

H = Altura de referência (10 ou 20 cm) para pipetagem

V = Velocidade de sedimentação em cm.s^{-1}

Para o cálculo da Incerteza da medição do ensaio de distribuição de grãos de sedimentos em cada perfil, deve ser considerado válidos os resultados da análise de RPD na amostragem, com classificação definida como “Conforme” e assim combiná-las as outras fontes de incerteza analíticas do ensaio, conforme (Figura 25).

Figura 25 — Fontes de incerteza da medição das frações granulométricas



Fonte: Autor.

Por meio da variância da medição das fontes de incerteza é possível determinar a incerteza combinada a partir do modelo estatístico (Equação 9).

$$u = \sqrt{S^2_{amostragem} + S^2_{analítico}} \quad (9)$$

4.3 Parâmetros Morfotexturais

A análise sedimentar visa fornecer subsídios para correlação entre as características texturais dos sedimentos e dos vários ambientes que compõem a dinâmica deposicional, bem como estabelecer parâmetros utilizáveis na identificação e característica do ambiente (Suguio, 1973).

As variações texturais observadas nos sedimentos litorâneos podem estar relacionados às variações na energia das ondas, taxas de transporte e a influência de diferentes fontes de sedimentos ao longo da praia.

Segundo Souza (1997), variações texturais dos sedimentos em um perfil praial como: afinamento dos grãos, aumento do grau de seleção e a diminuição do nível de energia das ondas, impactam na morfologia praial com a diminuição da inclinação da antepraia e aumento da largura da praia.

Considerando a troca de sedimentos entre praias, duas ou mais praias podem comportar como se fosse uma única praia, Taggart e Schwartz (1988) aplicou o modelo que identifica células de transporte de sedimentos entre as praias, utilizando indicadores morfotexturais para interpretações de deriva litorânea ao longo de praias.

Esses indicadores são constituídos de 4 (quatro) parâmetros: largura da praia, inclinação da praia, diâmetro médio (tamanho dos grãos) e grau de seleção de sedimentos. Para aumentar o grau de confiança do método, Souza (1997) propõe a inclusão do parâmetro de curtose, relacionado a diferenciações de nível de energia das ondas.

4.3.1 Determinação dos parâmetros estatísticos (texturais)

Conforme Suguio (1973), o método mais empregado de cálculo dos parâmetros estatísticos de uma distribuição granulométrica é o descrito por Folk & Ward (1957), baseados na escala de classificação granulométrica adotada por Wentworth (1922) (Quadro 7). Para os cálculos das estatísticas da distribuição dos grãos, os valores de diâmetros em (mm) são transformados logaritmicamente em valores de (ϕ), utilizando a equação (10), proposta por Krumbein (1934).

Segundo Suguio (1973), os valores em escala de (ϕ), a granulação 1 mm possui valor $\phi = 0$, granulações mais finas têm valores (ϕ) positivos e granulações mais grosseiras têm valores (ϕ) negativos.

A função da escala granulométrica é a descritiva, que assim serve para se adotar uma nomenclatura padronizada e uniforme. Apenas esta função já é bastante importante para justificar a sua existência.

Quadro 7 — Escala de classificação granulométrica

Limite das classes (mm)	Classificação	
	Wentworth (1922)	Krumbein (1934) (ϕ)
4,000 – 2,830	Grânulo	- 1,75
2,830 – 2,000	Grânulo	- 1,25
2,000 – 1,410	Areia Muito Grossa	- 0,75
1,410 – 1,000	Areia Muito Grossa	- 0,25
1,000 – 0,707	Areia Grossa	0,25
0,707 – 0,500	Areia Grossa	0,75
0,500 – 0,354	Areia Média	1,25
0,354 – 0,250	Areia Média	1,75
0,250 – 0,177	Areia Fina	2,25
0,177 – 0,125	Areia Fina	2,75
0,125 – 0,088	Areia Muito Fina	3,25
0,088 – 0,062	Areia Muito Fina	3,75
0,062 – 0,031	Silte Grosso	4,50
0,031 – 0,016	Silte Médio	5,50
0,016 – 0,008	Silte Fino	6,50
0,008 – 0,004	Silte Muito Fino	7,50
< 0,004	Argila	9,00

Fonte: Adaptado (WENTHWORT, 1922).

$$\phi = -\log_2 d \quad (10)$$

onde:

ϕ = Símbolo do alfabeto grego de nome “*FI*”, introduzido por Krumbein (1934) para expressar os diâmetros dos grãos, em valores que coincidem com os limites de classes da escala de Wentworth (1922)

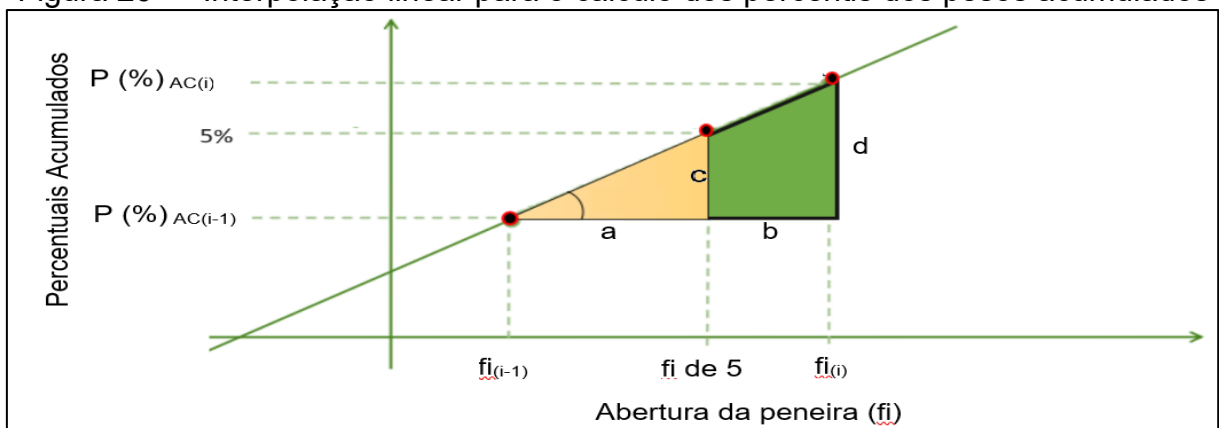
d = Diâmetro do grão em mm

4.3.1.1 Cálculo dos percentis

Conforme Folk & Ward (1957), os percentis representam aproximadamente o diâmetro que uma dada porcentagem da amostra fica retida, ou seja, uma malha fictícia de peneira da qual uma certa porcentagem estabelecida da amostra não consegue passar. Por exemplo: o quinto percentil de uma amostra equivale a uma malha onde 5% de seu peso não passaria, ou seja, possui diâmetro maior.

Este valor é obtido por meio de interpolação linear dos pesos acumulados que se encontram limitando o percentil desejado (Figura 26).

Figura 26 — Interpolação linear para o cálculo dos percentis dos pesos acumulados



Fonte: Autor.

E assim o procedimento é repetido para 1°, 5°, 16°, 25°, 50°, 75°, 84° e 95° percentis utilizando a interpolação linear na curva de percentuais acumulados em uma amostra.

4.3.1.2 Diâmetro Médio

De acordo com Suguio (1973), a granulação média de um sedimento é de interesse porque indica a ordem de magnitude dos tamanhos das partículas. Curvas de valores de granulometrias médias em função das distâncias podem mostrar as leis que regem essas relações.

Conforme Folk & Ward (1957), para calcular o diâmetro médio (M_z) são utilizados os 16º, 50º e 84º percentis de uma curva de percentuais acumulados em uma amostra (Equação 11).

$$M_z = \frac{\phi_{16} + \phi_{50} + \phi_{84}}{3} \quad (11)$$

onde:

M_z = diâmetro médio

ϕ_n = diâmetro da peneira na qual n% do peso da amostra teria diâmetro superior

4.3.1.3 Desvio Padrão (grau de seleção)

Folk e Ward (1957) sugeriram o uso de uma medida de seleção da distribuição de grãos em uma amostra de sedimento, através do cálculo de desvio padrão, ou seja, indica uma medida de dispersão, que significa a tendência de os grãos se distribuírem em torno do valor da média (Suguio, 1973).

De acordo com Suguio (1973), sedimentos bem selecionados implicam em grãos com pequena dispersão dos seus valores granulométricos, ou dos valores das medidas de tendência central. Com o aumento do transporte ou da agitação do meio as partículas de diferentes tamanhos tendem se separam de acordo com seu tamanho.

Para evitar erros com altos valores de grau de seleção se existirem pequenas quantidades de material grosseiro ou fino, foi convencionado usar os percentis 95% e 5%, conforme (Equação 12) proposto por (Folk; Ward, 1957).

$$\sigma = \left(\frac{\phi_{84} - \phi_{16}}{4} \right) + \left(\frac{\phi_{95} - \phi_{05}}{6.6} \right) \quad (12)$$

onde:

σ = desvio padrão

ϕ_n = diâmetro da peneira na qual n% do peso da amostra teria diâmetro superior

As escalas qualitativas para a descrição do grau de seleção foram descritas por Queiroz (2008) na Tabela 13:

Tabela 13 — Limites de classificação do grau de seleção

Desvio Padrão	Grau de Seleção
$\sigma < 0,35$	Muito bem selecionado
0,30 a 0,50	Bem selecionado
0,50 a 1,00	Moderadamente selecionado
1,00 a 2,00	Pobremente selecionado
2,00 a 4,00	Muito pobremente selecionado
$\sigma > 4,00$	Extremamente mal selecionado

Fonte: Adaptado de Queiroz (2008).

4.3.1.4 Grau de Assimetria

Suguio (1973) define o grau de assimetria como uma medida utilizada para calcular a tendência dos dados de se dispensarem de um ou do outro lado da média e, como pode ocorrer à direita ou à esquerda do diâmetro médio, assume valores positivos ou negativos. Folk e Ward (1957) sugeriram a modificação de duas fórmulas de assimetria de Inman, combinando em uma única fórmula (Equação 13).

$$Sk = \left(\frac{\phi_{16} + \phi_{84} - 2\phi_{50}}{2(\phi_{84} - \phi_{16})} \right) + \left(\frac{\phi_5 + \phi_{95} - 2\phi_{50}}{2(\phi_{95} - \phi_5)} \right) \quad (13)$$

Onde:

Sk = grau de assimetria

ϕ_n = diâmetro da peneira na qual n% do peso da amostra teria diâmetro superior

Folk & Ward (1957) sugeriram uma escala qualitativa (Tabela 14) que possa ser convenientemente usada para descrição do grau assimetria dos sedimentos.

Assimetria (Sk)	Grau de tendência assimétrica
- 1,00 a - 0,30	Assimetria muito negativa
- 0,30 a - 0,10	Assimetria negativa
- 0,10 a + 0,10	Aproximadamente simétrico
+ 0,10 a + 0,30	Assimetria positiva
+ 0,300 a + 1,00	Assimetria muito positiva

Fonte: Adaptado de Suguio (1973).

4.3.1.5 Curtose (grau de agudez do pico)

A curtose representa o grau de agudez dos picos de frequência granulométrica (SUGUIO, 1973). Os valores de curtose muito altos ou muito baixos podem sugerir que um tipo de material foi transportado de uma determinada área-fonte e depositado sem perder suas características originais (Folk; Ward, 1957). Folk e Ward (1957) sugeriram um método de cálculo de curtose (Equação 14) em que nessa medida, as curvas normais têm valor de $K_g = 1,00$, por que a dispersão $\phi_5 - \phi_{95}$ é exatamente 2,44 vezes a dispersão $\phi_{25} - \phi_{75}$.

$$Kg = \frac{(\phi_{95} - \phi_{05})}{2,44 \times (\phi_{75} - \phi_{25})} \quad (14)$$

Onde:

Kg = grau de curtose

ϕ_n = diâmetro da peneira na qual n% do peso da amostra teria diâmetro superior

As escalas qualitativas para a descrição do grau de picosidade (Tabela 15), segundo a classificação de Folk & Ward (1957) são:

Tabela 15 — Limites de classificação da curtose

Curtose (Kg)	Grau de tendência de agudez
$Kg < 0,67$	Muito platicúrtica
0,67 a 0,90	Platicúrtica
0,90 a 1,11	Mesocúrtica
1,11 a 1,50	Leptocúrtica
1,50 a 3,00	Muito leptocúrtica
$Kg > 3,00$	Extremamente leptocúrtica

Fonte: adaptado de Suguio (1973).

4.3.2 Determinação dos parâmetros morfológicos

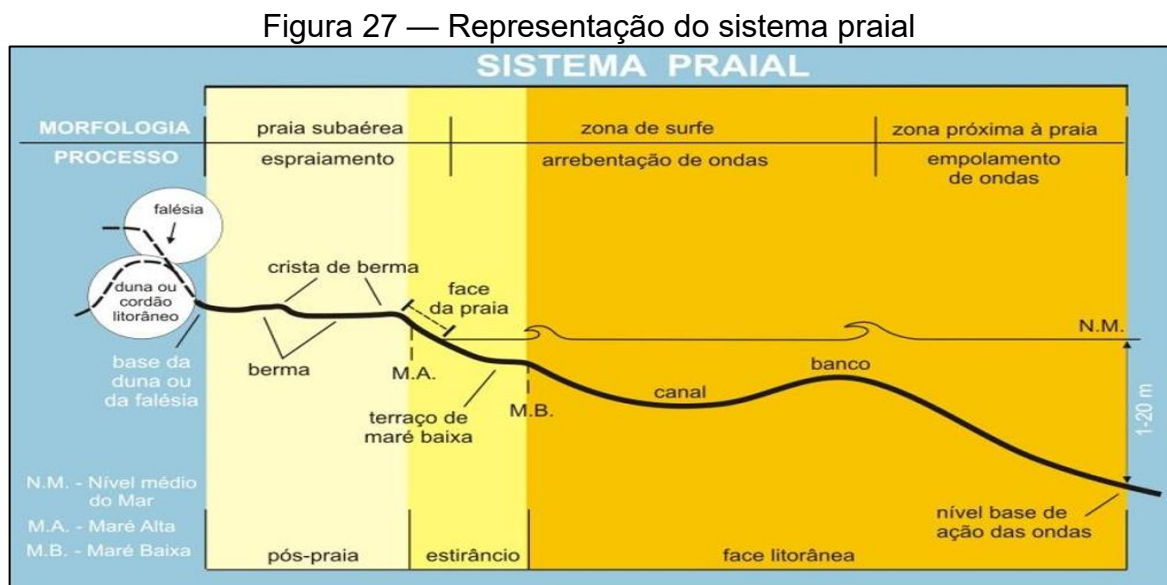
A largura da praia está relacionada com a capacidade da mesma armazenar e reter sedimentos frente a processos hidrodinâmicos (Hoefel, 1998). Ainda segundo Hoefel (1973), quanto ao tamanho médio do grão e inclinação da face da praia, os grãos mais finos tendem a repousar em equilíbrio em perfis de inclinação mais suaves, enquanto grãos maiores originam perfis de equilíbrio gradualmente mais íngremes.

Essa relação sedimento-morfologia, como por exemplo em as praias que são assentadas e compostas de areia fina e íngremes de sedimento mais grosso, os

parâmetros morfológicos como largura e inclinação dos perfis são determinados e utilizados para interpretações de deriva litorânea ao longo da praia, conforme o modelo de células de transporte de sedimentos de Taggart e Schwartz (1988) modificado por Souza (1997).

4.3.2.1 Largura e Inclinação dos Perfis praias

Para a coleta dos parâmetros morfométricos, primeiramente são identificadas e medidas as larguras totais da pós-praia e do estirâncio (porção emersa), conforme representação do sistema praial (Figura 27).



Fonte: (Souza et al., 2005).

Com o auxílio de uma trena, ambos são alinhados e seccionados em três partes de mesma largura cada, cujos limites são demarcados com coordenadas UTM (medidas com aparelho GPS) (Figura 28).

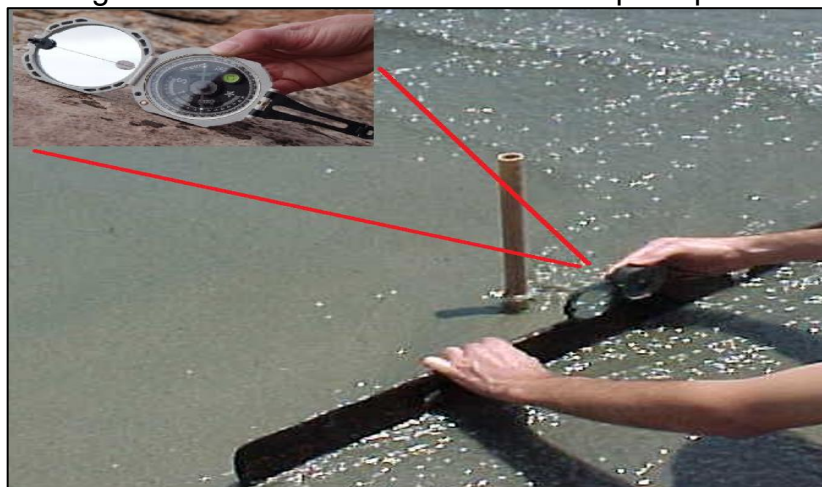
Figura 28 — Leitura do posicionamento e largura do perfil praial



Fonte: Souza *et al.* (2019a).

Além das larguras, é medida a declividade da praia com o auxílio de bússola geológica do tipo Brunton (Figura 29).

Figura 29 — Leitura da declividade no perfil praial



Fonte: Souza *et al.* (2019a).

4.3.3 Testes estatísticos aplicados aos parâmetros morfotexturais

Para avaliar se a distribuição dos dados das médias dos tamanhos dos grãos de sedimento se aproxima de uma distribuição normal, foi utilizado o teste de o teste de Shapiro-Wilk, que tem as seguintes hipóteses nula e alternativa:

$H_0: p > 0,05$ - A hipótese nula assume que os dados não diferem significativamente de uma distribuição normal;

$H_1: p \leq 0,05$ - A hipótese alternativa postula que os dados diferem significativamente de uma distribuição normal.

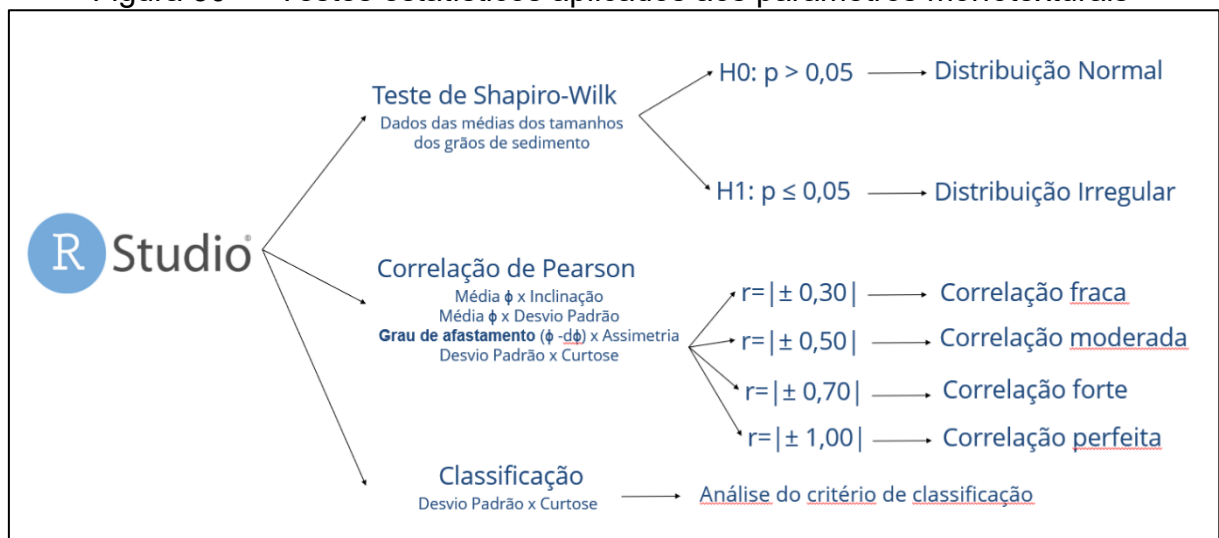
O teste de normalidade de Shapiro-Wilk foi realizado por meio da linguagem de programação R®, utilizando o comando “shapiro.test” a partir da data frame das médias dos tamanhos dos grãos de sedimento das praias da Enseada (Guarujá – SP) e da praia do Itaguapé (Bertioga -SP).

Outro teste aplicado é a correlação de Pearson (r), que é amplamente utilizada para relacionamentos lineares entre duas variáveis distribuídas normalmente e, portanto, muitas vezes chamada apenas de “coeficiente de correlação”.

A linguagem R® oferece dois métodos para calcular o coeficiente de correlação de Pearson. Por meio das funções `cor()` ou `cor.test()`, é possível realizar o cálculo.

Testar a normalidade da distribuição dos dados das médias dos tamanhos dos grãos e as relações entre os parâmetros morfotexturais por intermédio do coeficiente de correlação, contribui para validação dos resultados obtidos pelas ferramentas computacionais. Para a análise estatística dos dados utilizou-se a seguinte sugestão de tamanhos de efeito, segundo Rumsey (2023), conforme esquema apresentado na Figura 30.

Figura 30 — Testes estatísticos aplicados aos parâmetros morfotexturais

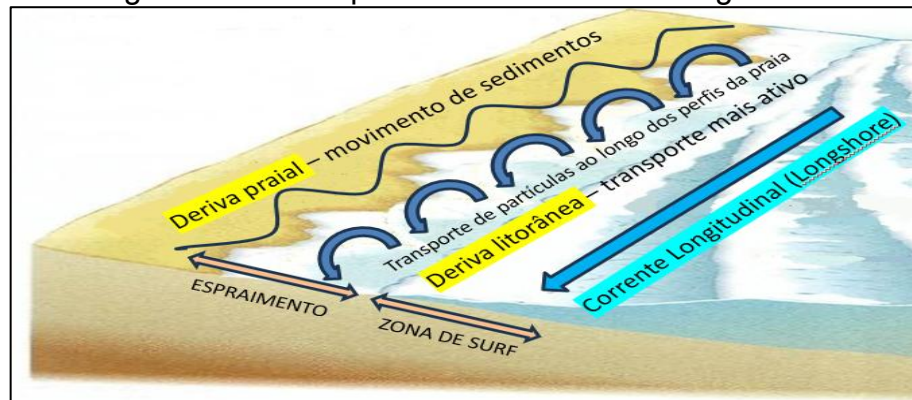


Fonte: Autor.

4.4 Células de deriva litorânea

Segundo Souza e Suguio (1998), a corrente longitudinal possui duas componentes de mesmo sentido, a deriva litorânea e deriva praial, que atuam na zona de surfe e na zona de espraimento (Figura 31), sendo a deriva costeira a união das duas derivas.

Figura 31 — Componentes da corrente Longitudinal



Fonte: Autor.

A deriva litorânea é o transporte mais ativo entre a linha de costa e a margem externa da zona de arrebatamento transportando sedimentos paralelamente à costa na zona de antepraia inferior. Já a deriva praial é o movimento oblíquo de sedimentos ao longo da costa, ocorrendo na zona de espraimento (Souza, 2007).

O transporte de sedimento na zona de espraimento é representado pelo fluxo e refluxo das ondas (*uprush* e *backwash*, respectivamente), sendo o *uprush* o responsável pela movimentação do sedimento na direção da praia (*onshore*) enquanto o *backwash* move os sedimentos em direção à plataforma (*offshore*) (LI et al., 2002).

Segundo Souza (1997), cada setor da costa com um determinado sentido de deriva litorânea forma uma célula, que consiste em três zonas: barlamar (predomina erosão), transporte e sotamar (deposição). Inman (2003) define células litorâneas como “um compartimento costeiro que contém um ciclo completo de sedimentação incluindo fonte, trajetória de transporte e deposição”.

4.4.1 Identificando células de deriva litorânea (matriz de comparação)

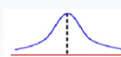
Para a identificação de células de deriva litorânea e, portanto os processos sedimentares que predominaram nas áreas em estudo, aplica-se um método morfosedimentológico, baseado no modelo de células de transporte de sedimentos de Taggart e Schwartz (1988) modificado por Souza (1997).

O método descrito utiliza uma matriz de comparação, onde segundo Souza (1997), as características morfotexturais de cada perfil são comparadas com os dois perfis adjacentes, supondo-se que possa haver uma atuação de uma célula de deriva litorânea entre dois comparados e que um encontre-se como uma zona de barlamar (erosão) e o outro como sotamar (depósito).

Aplicando o conceito apresentado por Souza (1997), em uma célula de deriva ocorrem: afinamento dos grãos (diâmetro médio), aumento do grau de seleção (desvio padrão), diminuição do nível de energia das ondas (curtose), curva de distribuição dos grãos no sentido dos mais finos (assimetria), diminuição da inclinação da antepraia e aumento da largura da praia (Figura 32).

O produto de cada comparação individual é marcado com um sinal (+) ou (-), respectivamente, se ela indicar zona de sotamar (deposição) ou de barlamar (erosão).

Figura 32 — Comparação das características morfotexturais em dois perfis

PARÂMETROS MORFOTEXTURAIS: (Taggart e Schwartz (1988))	Método Folk e Ward (1957)	Perfil A (Erosivo) (ZONA DE BARLAMAR)	(sentido da deriva) →	Perfil B (Depósito) (ZONA DE SOTAMAR)	Observação das variações
Diâmetro Médio (ϕ) (tamanho dos grãos)	$\phi = -\log_2(mm)$ $M_z = \frac{\phi_{16} + \phi_{50} + \phi_{84}}{3}$	$M_z = 2,5935 (-)$		$M_z = 2,8032 (+)$	afinamento dos grãos
Desvio Padrão (σ) (grau de seleção)	$\sigma = \left(\frac{\phi_{84} - \phi_{16}}{4} \right) + \left(\frac{\phi_{95} - \phi_{05}}{6,6} \right)$	$\sigma = 0,3646 (-)$		$\sigma = 0,2929 (+)$ $\sigma < 0,30$	melhor selecionado
Assimetria (S_k) (grau de simetria)	$s_k = \left(\frac{\phi_{16} + \phi_{84} - 2\phi_{50}}{2(\phi_{84} - \phi_{16})} \right) + \left(\frac{\phi_{5} + \phi_{95} - 2\phi_{50}}{2(\phi_{95} - \phi_{5})} \right)$	 $s_k = -0,0792 (-)$		 $s_k = +0,1644 (+)$	Assimétrico no sentido dos finos
Curtose (k) (grau de estreitamento)	$k = \frac{(\phi_{95} - \phi_{05})}{2,44 \times (\phi_{75} - \phi_{25})}$ Souza (1997) propõe a inclusão do parâmetro de curtose	$k = 0,9965 (-)$ <u>mesocúrtico</u>		$k = 1,2209 (+)$ <u>leptocúrtico</u>	Alongamento da curva Diminuição do nível de energia das ondas
Inclinação ($^\circ$) da praia		$^\circ = 3,0$		$^\circ = 1,5$	
Largura (m) da praia		$L = 86 \text{ m}$		$L = 102,2 \text{ m}$	

Fonte: Autor, adaptado Taggart e Schwartz (1988) modificado por Souza (1997).

Como cada amostra é comparada com suas duas vizinhas, exceto as amostras das extremidades das praias que terão apenas um sinal, as demais terão dois sinais (um par) então, para cada um dos cinco parâmetros analisados é obtido um par de sinais, que pode ser: (+/+), (-/-), (+/-) ou (-/+). O resultado da comparação de todos os parâmetros é representado por um par de sinais que corresponde à predominância da contagem de sinais de um ou outro, para cada termo do par.

Assim, se o par final for (+/+) significa que, no local, predomina o processo deposicional, sendo zona de sotamar de uma pequena célula; se for (-/-) predomina a erosão, ou seja, o sedimento encontra-se em zona de barlamar; e, se for (+/-) ou (-/+), representa uma zona de transporte (trânsito de sedimentos), havendo ganho e perda de sedimentos simultaneamente (Figura 33).

Quando o valor de um parâmetro se mostrar igual para as duas amostras comparadas e fora atribuído o índice zero (0) ao termo do par, recorre-se para o parâmetro de desvio padrão, conforme Souza (1997).

Figura 33 — Matriz do método de identificação de células de deriva litorânea.

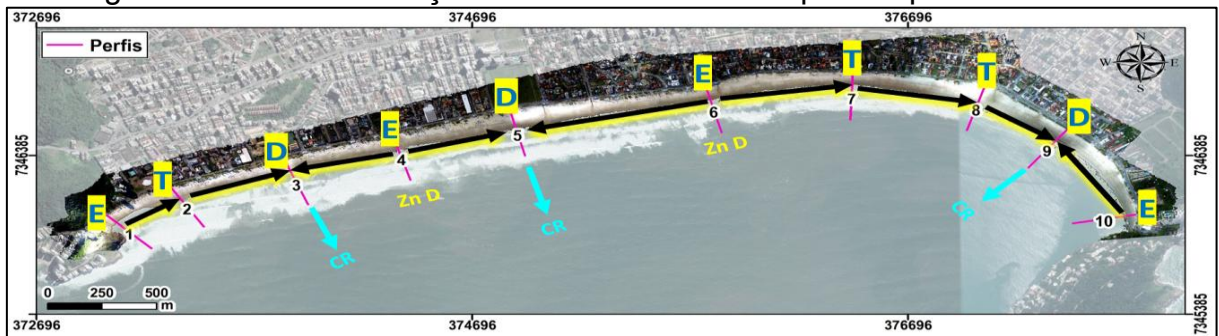
Perfis da Praia	Parâmetros Texturais			Parâmetros Morfométricos		Resultado	Processo
	Diâmetro Médio (Φ)	Grau de Seleção (σ)	Curtose (K)	Inclinação ($^{\circ}$)	Largura (m)		
P1	(+)	(+)	(+)	(-)	(+)	(+)	D ↑
P2	(-,-)	(+,-)	(-,-)	(+,+)	(+,+)	(+,-)	T
P3	(-,-)	(-,-)	(-,-)	(-,-)	(+,-)	(-,-)	E
P4	(-,-)	(+,-)	(-,-)	(+,+)	(+,+)	(+,-)	T
P5	(-,-)	(+,-)	(-,-)	(+,+)	(+,+)	(+,-)	T
P6	(+)	(+)	(+)	(-)	(+)	(+)	D ↓

Fonte: Autor, adaptado do modelo Taggart e Schwartz (1988).

Os sentidos de transporte de sedimentos são inferidos a partir desses resultados. O modelo apresenta interpretação dos rumos de células de deriva litorânea, baseado nas modificações relativas que o diâmetro médio, o desvio padrão curtose, inclinação e largura sofrem em função de uma determinada área fonte.

Com isso é possível prever situações quando duas células de circulação costeiras estão presentes, lado a lado (Figura 34). Se for uma área de convergência de correntes, ou seja, local de terminação de duas células, pode ocorrer intensa acumulação e/ou desenvolvimento de uma corrente de retorno (CR); se for na zona de barlamar de duas células, ocorrerá a zona de divergência de correntes (ZnD), predominando o processo erosivo (Souza; Suguio, 1998).

Figura 34 — Caracterização da Dinâmica de Transporte a partir do modelo



Fonte: Autor.

4.4.2 Análise da tendência de movimento do sedimento

O modelo de McLaren (método da análise da tendência do sedimento) (McLaren; Bowles, 1985) usa a diferença na distribuição do tamanho do grão das amostras de sedimento para prever o sentido de transporte de sedimentos em regiões de erosão. Para a análise, o modelo de McLaren usa três parâmetros estatísticos granulométricos: a média, o grau de seleção e a assimetria.

Segundo McLaren (1981) e McLaren e Bowles (1985), se a média, o desvio padrão e a assimetria de uma amostra são comparados com uma segunda amostra existem oito possíveis tendências e duas destas seriam tendências indicativas de transporte, a partir da aplicação do teste; assim comparando uma amostra d1, com uma amostra d2 ela pode ser:

1. Mais fina, melhor selecionada e mais negativamente assimétrica (F, B, -);
2. Mais grossa, pior selecionada e mais positivamente assimétrica (G, P, +);
3. Mais fina, melhor selecionada e mais positivamente assimétrica (F, B, +);
4. Mais fina, pior selecionada e mais negativamente assimétrica (F, P, -);
5. Mais fina, pior selecionada e mais positivamente assimétrica (F, P, +);
6. Mais grossa, pior selecionada e mais negativamente assimétrica (G, P, -);
7. Mais grossa, melhor selecionada e mais negativamente assimétrica (G, B, -);
8. Mais grossa, melhor selecionada e mais positivamente assimétrica (G, B, +).

Segundo McLaren e Bowles (1985), somente os casos que são FB - (1) e GB+ (8) podem inferir no sentido de transporte de sedimento. As outras seis possibilidades de combinação de diferenças relativas à distribuição do tamanho do grão na média,

desvio padrão e assimetria não podem ser usadas para determinar uma direção de transporte.

Ainda segundo McLaren e Bowles (1985), um Z-teste é usado para determinar o sentido do transporte de sedimento, examinando todos os possíveis pares em um conjunto de amostra. A probabilidade aleatória de ocorrer uma dessas tendências é de $p = 0,125$ ($p = 1/8$). Assim o Z-teste (Equação 15) é usado para determinar se o número de ocorrência indicando transporte de sedimento excede a probabilidade aleatória de 0,125. Para isso as seguintes hipóteses foram testadas:

H0: $p \leq 0,125$, não há nenhum sentido de transporte preferencial;

H1: $p > 0,125$, o transporte está ocorrendo em um sentido preferencial.

H1 é aceitável se: $Z > 2,33$ (1% de nível de significância) e $Z > 1,65$ (5% de nível de significância).

$$Z = \frac{x - Np}{\sqrt{Npq}} \quad (15)$$

Onde:

Z = Valor do Z -Test.

x = o número de pares de amostras que apontando a mesma tendência e mesmo sentido preferencial.

N = o número total de possíveis pares de amostras (combinações), $N = (n^2 - n) / 2$.

p = a probabilidade aleatória de ocorrência de uma tendência granulométrica (0,125).

$q = 1 - p = (0,875)$

4.5 Apresentação das Ferramentas Computacionais

O pacote de ferramentas computacionais foi desenvolvido na versão 7.1 mais atual do Visual Basic for Applications (VBA) do Excel. Esta versão é utilizada em versões do Microsoft Office como o Office 2013, Office 2016, Office 2019 e Office 2021. Para a versão Office 2019 do Microsoft 365, a versão padrão é a 64 bits.

O desenvolvimento das ferramentas em *Visual Basic* por meio das macros permite: acelerar tarefas repetitivas no decorrer das análises granulométrica, importar dados de formulários analíticos para a base de cálculos dos parâmetros estatísticos pelo método gráfico de Folk e Ward (1957).

Além de derivar as descrições físicas, gerar relatórios estatísticos, criar matriz de comparação dos parâmetros morfotexturais e realizar a síntese os processos sedimentares predominantes.

4.5.1 Formulário “Gran.Sed”

O uso de formulário (userforms) em VBA (Microsoft Visual Basic for Applications) no estudo e na análise da distribuição de grãos de sedimentos, possibilita exibir informações e inseri-las no decorrer das análises laboratoriais.

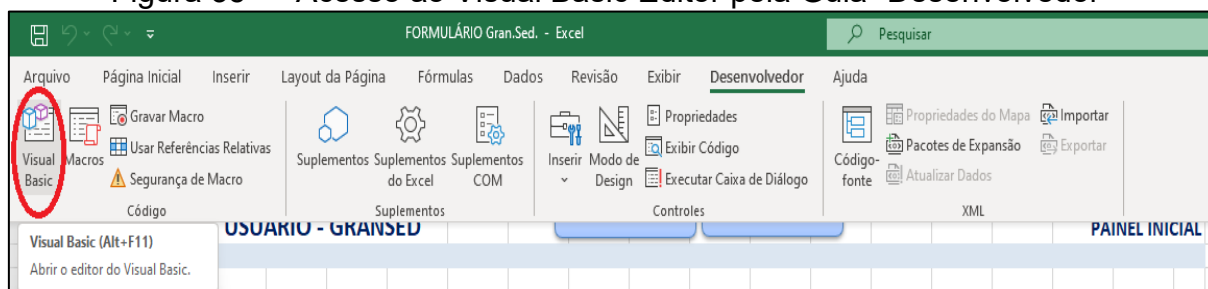
Para o formulário “Gran.Sed” foram utilizados controles “InputBox” e “MsgBox” que possibilitam criar elementos de interface que requisitam uma entrada por parte do usuário e caixas de mensagens que exibem informações que permite ao usuário escolher entre diversas ações.

Para isso frames de entrada como a identificação, data de realização da análise granulométrica e os parâmetros analíticos referente a caracterização e distribuição dos grãos de sedimentos foram utilizados como “InputBox”.

Os componentes de um projeto de formulário no VBA (Microsoft Visual Basic for Applications) como (macros, módulos, userforms), são feitos num ambiente de programação conhecido como Visual Basic Editor (VBE) do Excel.

O VBE está integrado ao Excel e pode ser aberto selecionando a guia “Desenvolvedor”, Visual Basic, ou através das teclas ALT-F11, seguida do ícone “Visual Basic” (Figura 35).

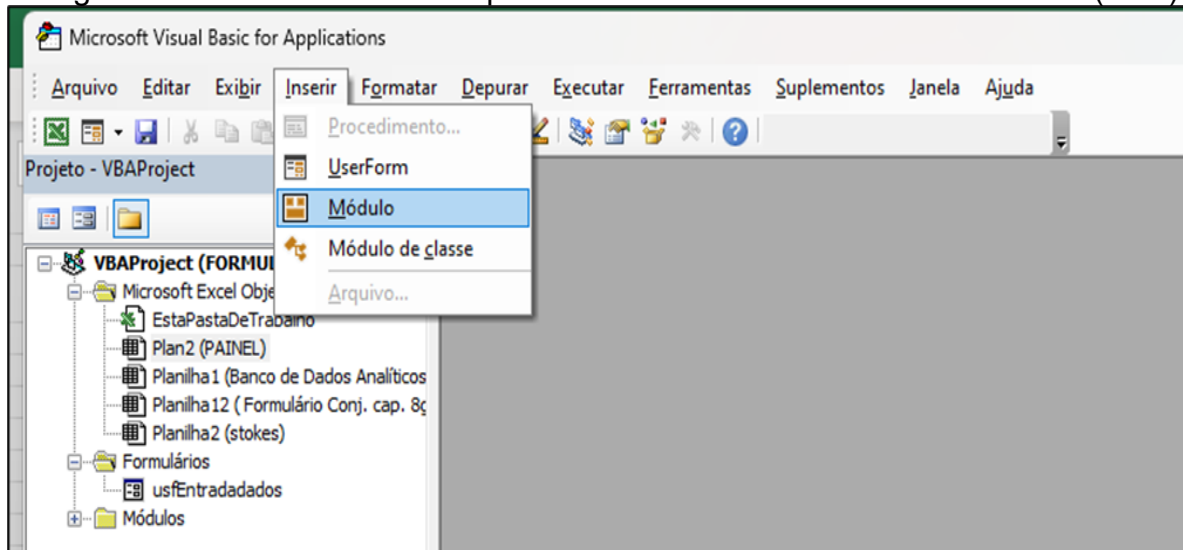
Figura 35 — Acesso ao Visual Basic Editor pela Guia “Desenvolvedor”



Fonte: Autor.

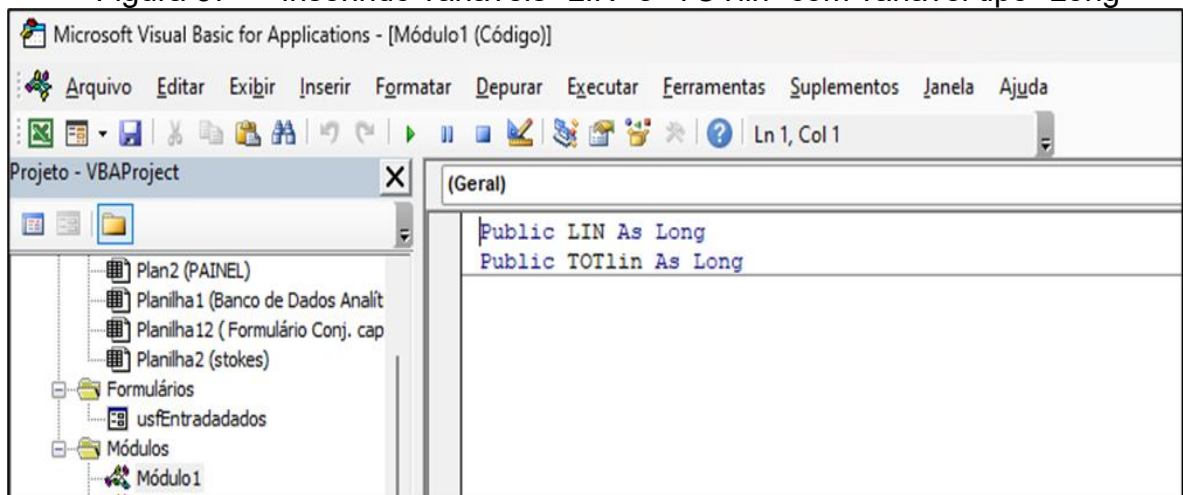
Na tela do editor (Figura 36) foi inserido um módulo, utilizando o método de declaração de variáveis públicas como: Public LIN As Long e Public TOTlin As Long, para que estejam disponíveis para todos os procedimentos do projeto (Figura 37).

Figura 36 — Inserindo módulo pela barra de menu do Visual Basic Editor (VBE)



Fonte: Autor.

Figura 37 — Inserindo variáveis “LIN” e “TOTlin” com variável tipo “Long”



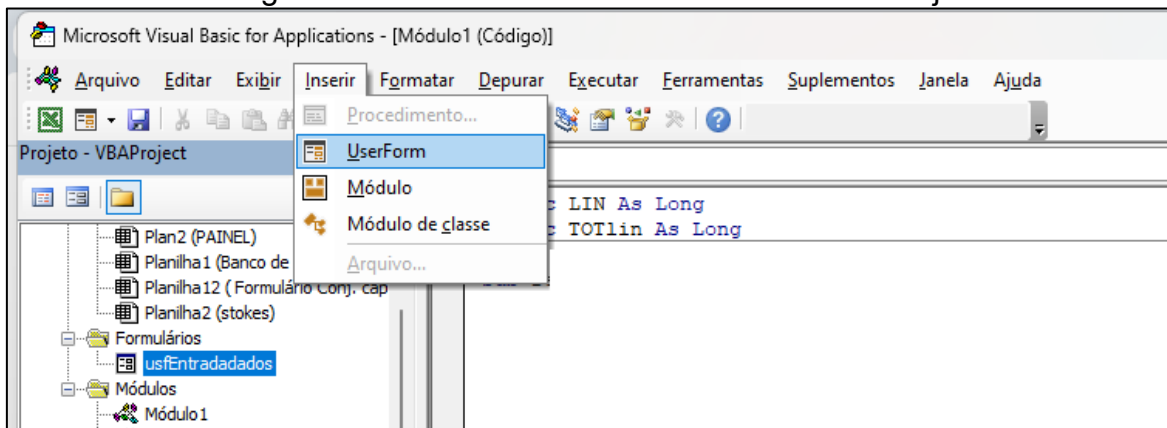
Fonte: Autor.

Armazenar valores em células em uma planilha, não é eficiente se precisar ler, gravar e alterar esse valor várias vezes. Acessar valores armazenados em uma planilha pode ser lento e trabalhoso de codificar.

O método das variáveis permite que muitos valores sejam armazenados na memória do computador, então elas são acessadas muito mais rápido do que verificar uma célula em uma planilha.

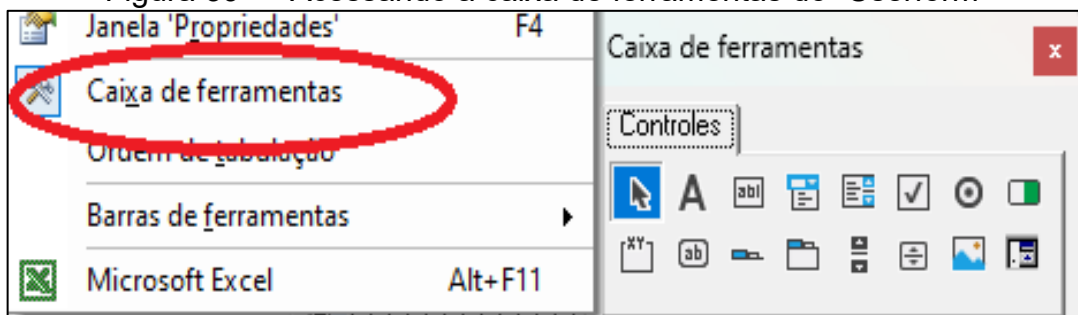
O método para criar um projeto de formulário no VBA se dá por meio do menu principal do Visual Basic Editor (VBE), utilizando a opção “Inserir” seguida da opção “UserForm” (Figura 38) e depois em “Exibir” e “Caixa de ferramentas” para habilitar os controles (Figura 39).

Figura 38 — Inserindo um “Userform” no VBAProject



Fonte: Autor.

Figura 39 — Acessando a caixa de ferramentas do “Userform”



Fonte: Autor.

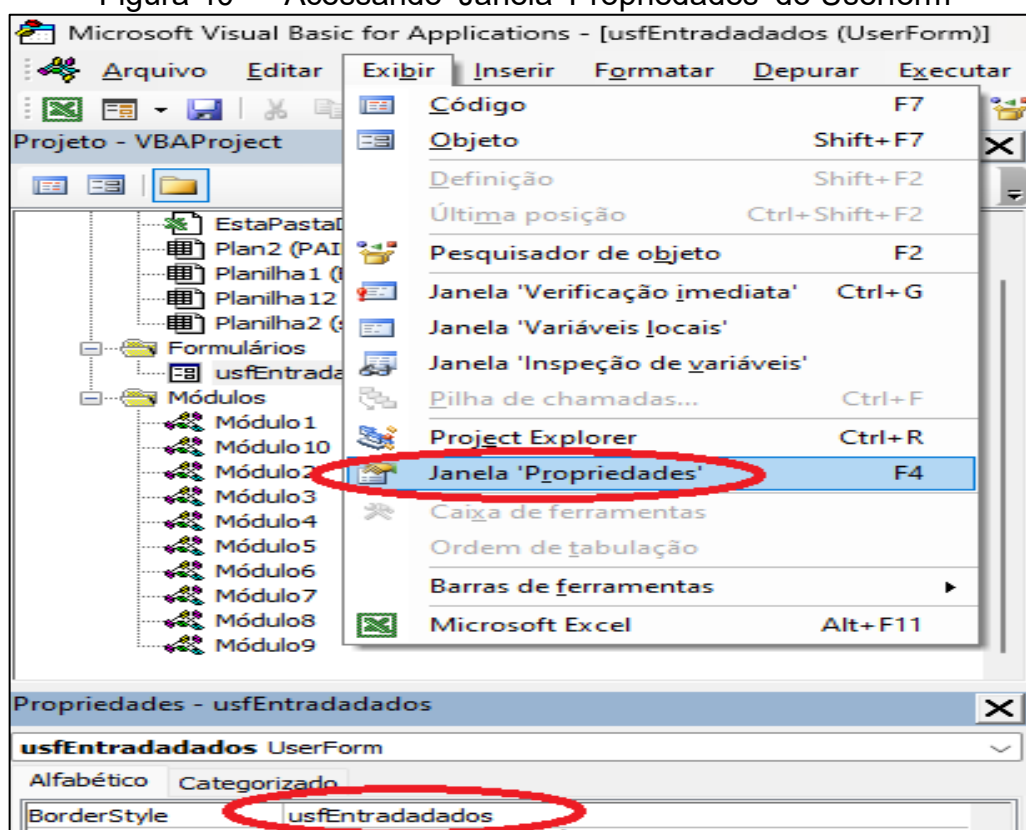
Conforme Jelen e Syrstad (2021), a caixa de ferramentas exibe os controles mais comuns e para inserir mais controles, basta acessar “Controles Adicionais”, porém outros usuários poderão não ter os mesmos controles adicionais na versão VBA instalada.

De acordo com Jelen e Syrstad (2021), um usuário que não tem um controle instalado, o programa vai gerar um erro, obrigando o usuário a preencher a planilha de banco de dados com informações que geralmente não foram requisitadas.

Para o desenvolvimento do formulário “Gran.Sed”, foi adotado o método que exibe somente os controles mais comuns.

Por meio da “Janela ‘Propriedades’” ou a tecla de comando “F4”, deve-se nomear o “Userform” na caixa “BorderStyle” usando sempre o prefixo “usf” seguido do nome que deseja para nomear a entrada de dados, conforme a Figura 40.

Figura 40 — Acessando ‘Janela ‘Propriedades’ do Userform

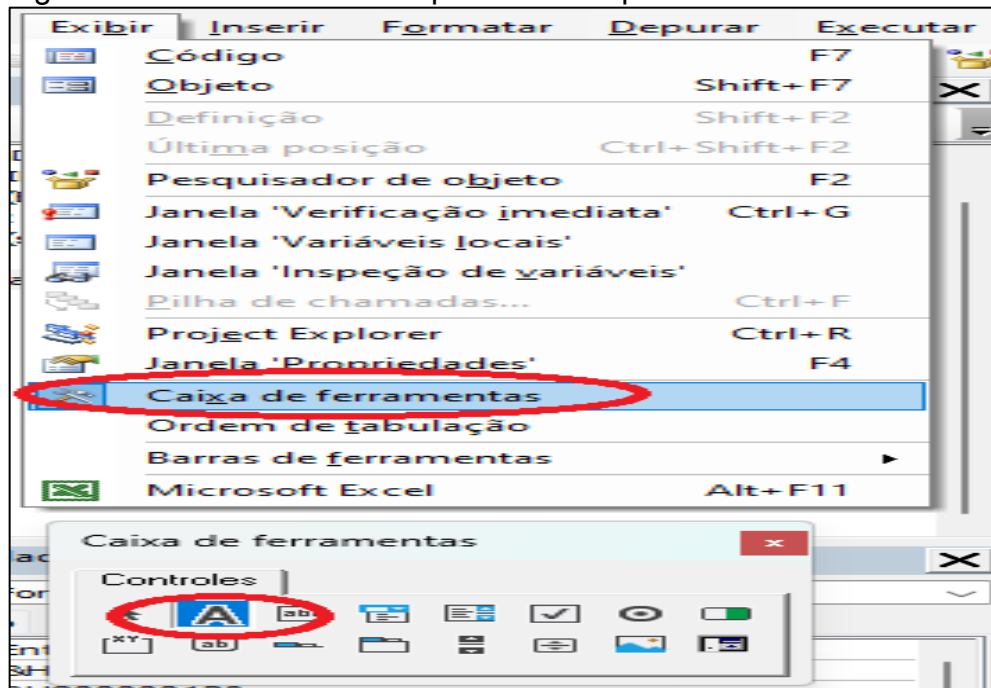


Fonte: Autor.

O método para inserir os nomes dos parâmetros de entrada no “UserForm”, se dá por meio de acesso ao menu “Exibir” seguida de “Caixa de ferramentas” utilizando o controle “Label” ou “Rótulo” representado pela figura “A”, conforme a Figura 41.

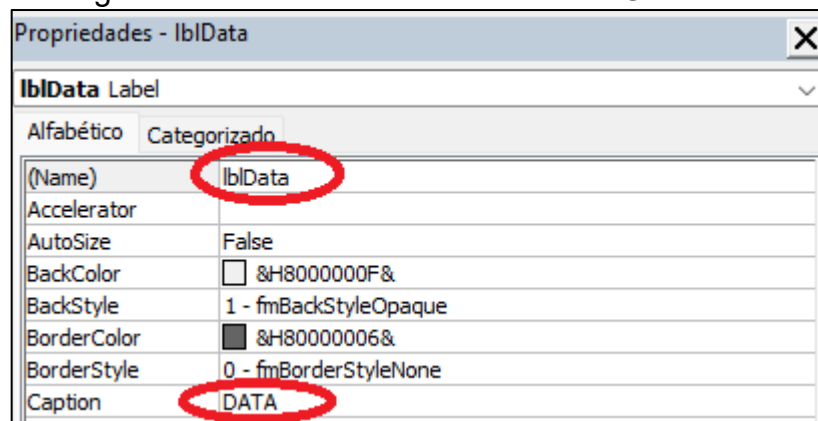
Em seguida foram criados os rótulos correspondentes aos parâmetros de entrada da análise de sedimentos no formulário, como por exemplo para DATA, o nome da “Label” fica “lblData” e em “Caption” digita-se a palavra “DATA” como deseja que apareça no formulário (Figura 42).

Figura 41 — Controle “Label” para nomear parâmetros no “UseForm “



Fonte: Autor.

Figura 42 — Nomeando os rótulos do “UserForm”



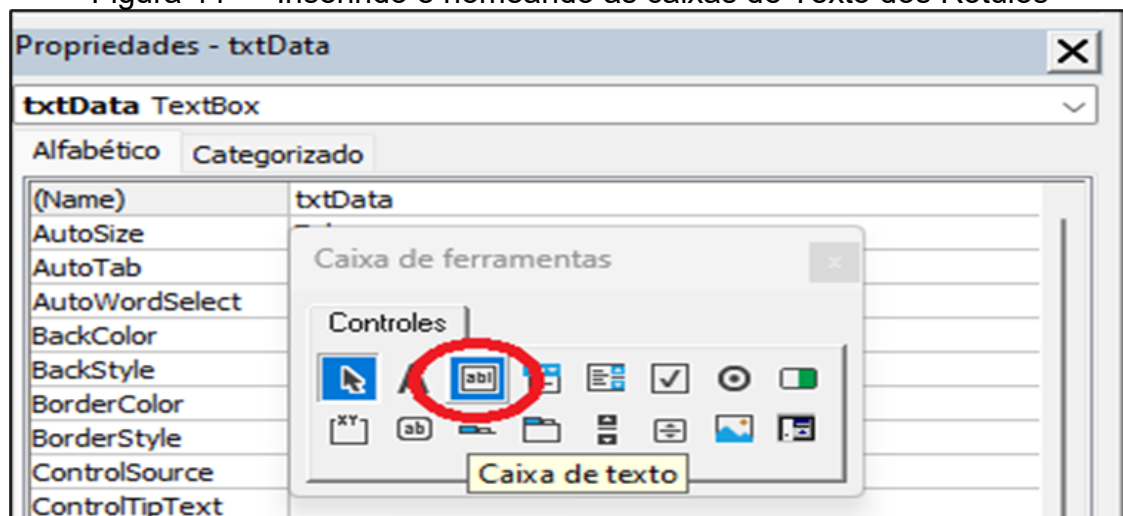
Fonte: Autor.

Para os demais rótulos do formulário, seguiu-se conforme a relação dos parâmetros apresentados na Figura 43, acrescidos de suas respectivas caixas de texto através do controle “TextBox” da caixa de ferramentas (Figura 44).

Figura 43 — Rótulos dos parâmetros analíticos inseridos no “UserForm”

Fonte: Autor.

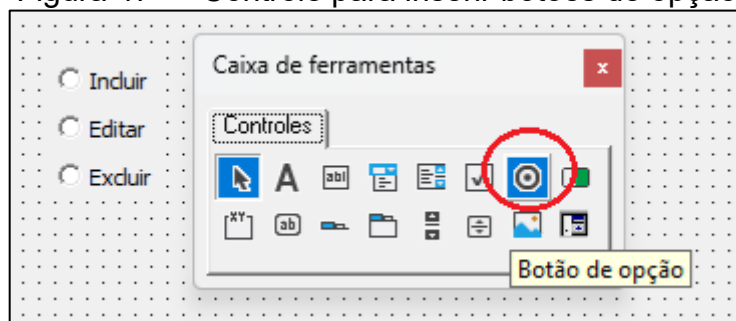
Figura 44 — Inserindo e nomeando as caixas de Texto dos Rótulos



Fonte: Autor.

A próxima etapa refere-se aos 3 botões de opção que visam definir a inclusão, edição e a exclusão de registros. Para incluí-los utiliza-se o controle “Botão de opção” da caixa de ferramentas conforme a Figura 47.

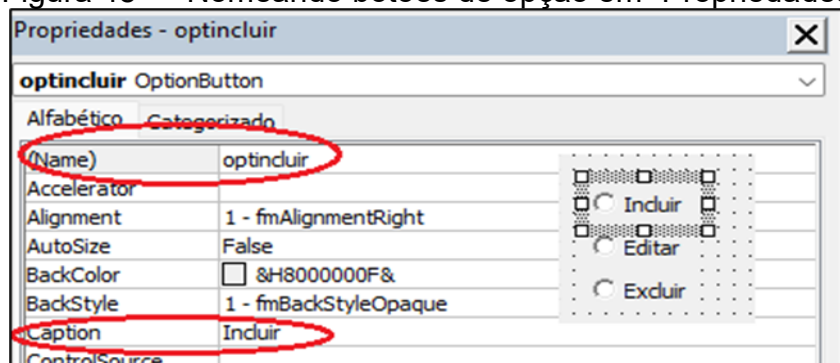
Figura 47 — Controle para inserir botões de opção



Fonte: Autor.

Ao inserir um botão de opção deve-se nomeá-lo em “Propriedades” com o prefixo “opt” em “Name” seguida no nome do botão de opção que deseja, em “Caption” pode ser inserido um texto que aparecerá no botão de opção conforme exemplo da Figura 48.

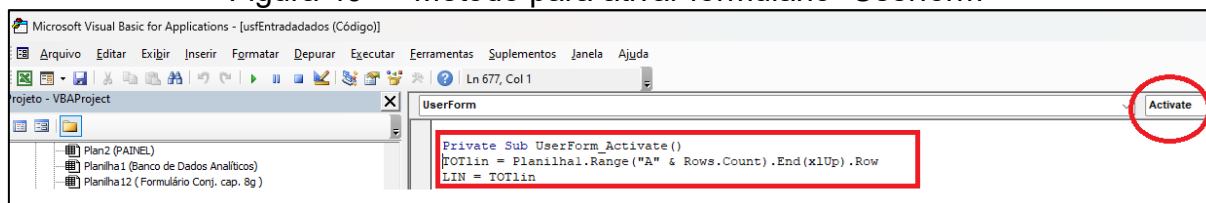
Figura 48 — Nomeando botões de opção em “Propriedades”



Fonte: Autor.

Definida a arquitetura do formulário com seus rótulos, caixas de textos, botões de comando e botões de opções, aplica-se o método para ativar o formulário, abrindo a janela de códigos do UserForm com 2 (dois) cliques no formulário e selecionar na janela “Procedimento” a opção “Activate”, conforme a Figura 49.

Figura 49 — Método para ativar formulário “Userform”



Fonte: Autor.

Para que fique sempre visível o último registro da planilha, o UserForm deve buscar a última linha preenchida. Com as variáveis “Public LIN As Long” e “Public TOTlin As Long” declaradas no módulo, é utilizado o “TOTlin” para armazenar as informações do último registro da planilha, usando o seguinte comando:

```
Private Sub UserForm_Activate()
```

```
TOTlin = Planilha1.Range("A" & Rows.Count).End(xlUp).Row
```

```
LIN = TOTlin
```

Por fim, comandos foram gerados para que informações do formulário possam ser reconhecidas e posteriormente inseridas na planilha (Figura 50) por meio do preenchimento do formulário.

Figura 50 — Planilha com preenchimento automático por meio do UserForm

	ID CÁPSULA	ID DA AMOSTRA	ZONA	Nº PICN.	Massa úmida Teor de Água 60ºC	Massa Seca Teor de Água 60ºC	Massa Seca Teor de Água 105ºC	Massa seca desejada (g)	Temperatura do Fluido ºC
14/03/2023	11	ENS.01.P7.C3	Sub.0,5m	1	10,7920	10,1328	10,1328	50	19
14/03/2023	12	ENS.02.P7.C3	Sub.0,5m	2	10,2206	9,7285	9,7285	50	19
14/03/2023	13	ENS.03.P7.C3	Sub.0,5m	3	10,7215	10,2193	10,2193	50	19
14/03/2023	14	ENS.04.P7.C3	Sub.0,5m	4	10,4579	9,6441	9,6441	50	19
14/03/2023	15	ENS.05.P7.C3	Sub.0,5m	5	12,8959	11,7862	11,7862	50	19
14/03/2023	16	ENS.06.P7.C3	Sub.0,5m	1	13,0094	12,0167	12,0167	50	19
14/03/2023	17	ENS.07.P7.C3	Sub.0,5m	2	12,9110	11,6987	11,6987	50	19
14/03/2023	18	ENS.08.P7.C3	Sub.0,5m	3	12,8382	11,5927	11,5927	50	19
14/03/2023	19	ENS.09.P7.C3	Sub.0,5m	4	15,3624	13,7571	13,7571	50	19
14/03/2023	20	ENS.10.P7.C3	Sub.0,5m	5	11,9892	10,9624	10,9624	50	19

Fonte: Autor.

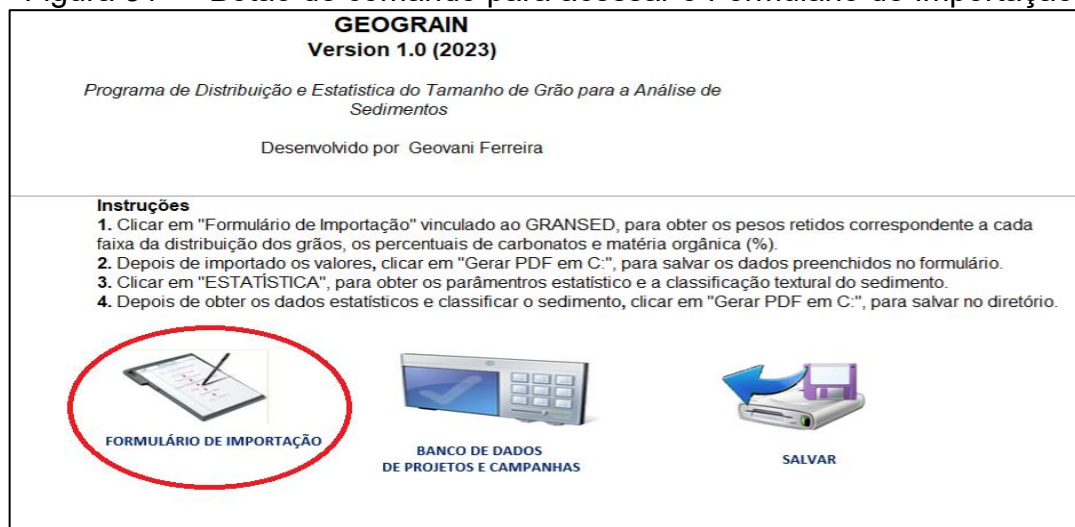
4.5.2 Programa GEOGRAIN 1.0

O programa foi desenvolvido em Excel e VBA (macros), sendo adequado para analisar os dados obtidos a partir da análise granulométrica por peneiramento e sedimentação de amostras de sedimentos.

Um recurso de grande praticidade disponível no programa, é a possibilidade de importar dados de formulário analítico contendo uma série de amostras com diversos parâmetros analisados. Esse recurso torna a análise dos parâmetros texturais rápida, além de eliminar a necessidade de digitação exaustiva e repetitiva de digitação que muitas vezes incorre em erros.

A Figura 51 indica o botão de comando para acessar o Formulário de Importação, este por sua vez possui vínculo ao Formulário de exportação do “Gran.Sed”, este vínculo permite tanto exportar como importar os parâmetros analíticos da amostra para programa de análise estatística GEOGRAIN 1.0.

Figura 51 — Botão de comando para acessar o Formulário de Importação



Fonte: Autor.

Por meio da função “Activate” no módulo do VBA como: “Windows (“FORMULÁRIO Gran.Sed.xlsm”). Activate” e “Windows (“GEOGRAIN 1.0 - Gráfico dinâmico - IG.xls”). Activate”, é possível vincular os dois formulários. Assim, utilizando os botões de comando no VBA (Figura 52) com as funções de “Selection.Copy” e “Selection.PasteSpecial”, os dados são recebidos no programa.

Figura 52 — Botões de comando do Formulário de exportação do “Gran.Sed”

FORMULÁRIO DE EXPORTAÇÃO DOS PARÂMETROS ANALÍTICOS									
DATA	14/03/2023		ID AMOSTRA	ENS.01.P7.C3		EXPORTAR PARA GEOGRAIN 1.0		EXPORTAR PRÉ-ENSAIOS	
Temp °C	19,0								
Teor de água (60°C)	ID Cápsula N°	1		ENS.09.P7.C1		M. Esp. Sedimento- Pícn		1	
Massa úmida (mu) g	10,7920	8,7510	ENS.10.P7.C1		Massa do passante em 2,0 mm (g) (M1)		62,3718		
Massa seca (ms) g	10,1328	8,7510	ENS.01.P7.C2		(Pícnômetro + Sed.+Água) (g) (M2)		694,20		
Teor de água (t)	0,4771	0,4771	ENS.02.P7.C2		(Pícnômetro + Água) (g) (M3)		655,35		
Teor de água médio (tm)	0,4771		ENS.04.P7.C2		Massa Específica do Sedimento g.cm ⁻³		2,67		
Percentual de Umidade (105°C)			ENS.05.P7.C2		papel		% de Carbonatos (HCl)		papel
Massa seca (ms) g	10,1328	8,7510	ENS.07.P7.C2		2,39		52,49		Pesos Iniciais
% Umidade	47,7059	47,7059	ENS.08.P7.C2		2,39		52,49		M. seca Obtida (ms) g
% Umidade médio	47,7059		ENS.10.P7.C2		2,39		52,49		M. final seca após ataque (mf) g
			ENS.01.P7.C3		0,000				% CaCO ₃
									0,659
PIPETAGEM			EXPORTAR TEMPOS		ID Frasco		EXPORTAR PIPETAGEM		
menor que (mm)	Tempo (h: min: s)	Altura ref. (10 cm)	Altura ref. (20 cm)	A		Massa. Total (g) duplicata (1)		Massa. Total (g) Mt (médio)	Massa. Total (g) duplicata (2)
0,063			0,00:57	B				15,4178	15,4178
0,031			0,03:55	C				15,4178	15,4178
0,016	0:07:21			D				15,4178	15,4178
0,008	0:29:25			E				15,4178	15,4178
0,004	1:57:39							15,4178	15,4178
PENEIRAMENTO (mm)			ID Cápsula	Massa (cápsula + fração) (g)		Massa da Cápsula (g)		EXPORTAR FRAÇÕES	
4,000	2,830	1		7,6689		7,6689		0,0000	
2,830	2,000	2		7,6689		7,6689		0,0000	
2,000	1,410	3		7,6689		7,6689		0,0000	
1,410	1,000	4		7,6689		7,6689		0,0000	
1,000	0,707	5		7,7330		7,6689		0,0641	
0,707	0,500	6		7,8740		7,6645		0,2095	
0,500	0,354	7		8,3098		7,6650		0,6448	
0,354	0,250	8		10,0782		7,6646		2,4136	
0,250	0,177	9		28,5659		7,6647		20,9012	
0,177	0,125	10		30,7460		7,6657		23,0803	
0,125	0,088	11		10,1602		7,6657		2,4945	
0,088	0,062	12		7,7108		7,6650		0,0458	

Fonte: Autor.

O método para inserir os códigos nas macros são do tipo “Módulo”, assim é possível atribuir cada tarefa aos seus respectivos botões de comando.

Para enviar dados do formulário analítico para o formulário de importação do programa, foram criados os seguintes macros e seus respectivos botões de comando, conforme a Tabela 16.

Tabela 16 — Macros atribuídas aos botões de comando vinculadas ao “GEOGRAIN”

Nome da Macro	Botão de Comando	Tarefa atribuída
Sub Exp_01()	EXPORTAR PRÉ - ENSAIOS	Exporta dados referente aos parâmetros: umidade, teor de água, porção destinada ao fracionamento, massa específica do sedimento, % carbonatos e % Matéria orgânica.
Sub Temp_pipetagem_1()	EXPORTAR TEMPOS	Exporta dados referente os tempos em T (h:m:s) correspondentes as frações sedimentáveis < 0,063 mm (argila)
Sub Exp_pip_1()	EXPORTAR PIPETAGEM	Exporta dados referente as massas em (g) das alíquotas correspondentes as frações sedimentáveis < 0,063 mm (argila)
Sub Imp_01()	EXPORTAR FRAÇÕES	Exporta dados referente as massas das frações peneiradas > 0,063 mm

Fonte: Autor.

Em seguida por meio do botão de comando “ESTATÍSTICA” (Figura 53) é possível acessar a função de cálculos estatísticos e determinar os parâmetros texturais como: média, mediana, seleção (desvio padrão), assimetria e curtose.

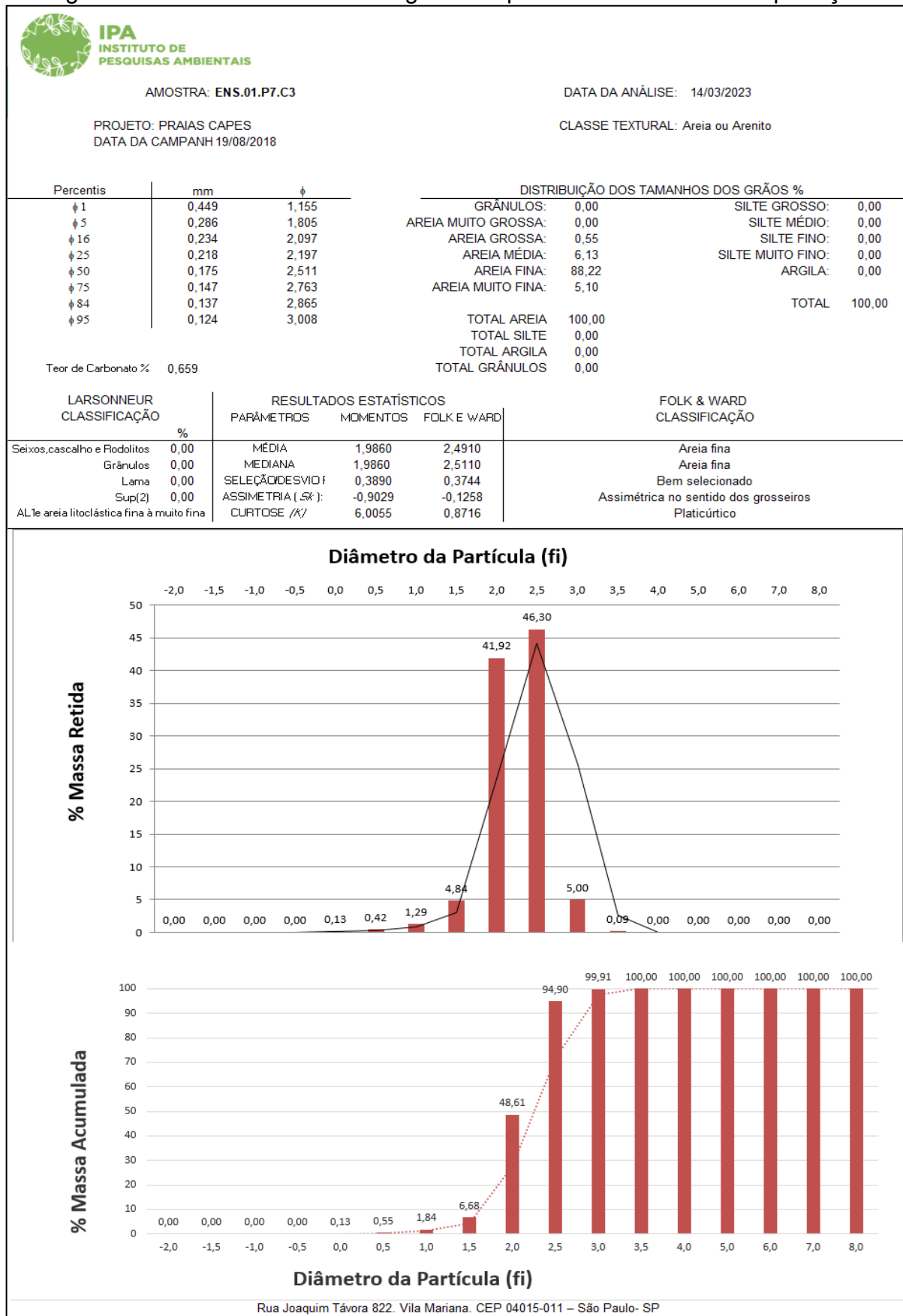
Esses parâmetros são determinados com base na distribuição dos grãos de sedimentos por tamanhos em escala de phi para os percentis ($\phi 1$, $\phi 5$, $\phi 16$, $\phi 25$, $\phi 50$, $\phi 75$, $\phi 84$ e $\phi 95$). A função também realiza a descrição física do grupo de texturas ao qual a amostra pertence, exibida por meio de um relatório estatístico (Figura 54).

Figura 53 — Comando para acessar a função “ESTATÍSTICA”

   GERAR EM C:\ GEOGRAIN 1.0							
ANÁLISE GRANULOMÉTRICA POR PIPETAGEM E PENEIRAMENTO						ENS.01.P7.C3. FORMULÁRIO	
Responsáveis: Geovani F./ José Alves / Miriam A./ Rosângela C./ Reinaldo V.							
Projeto: PRAIAS CAPES – Pesq. Célia Regina de Gouveia Souza							
Eliminação ataque químico da matéria orgânica (%)				0	% Carbonatos		0,659
Data Campanha	19/08/2018	Data análise	14/03/2023	Massa de material seco desejada		50	
Amostra:	ENS.01.P7.C3		Massa dispersante (g)		0,0000		
Antes da separação		Valor ref.	Valor Real	*Após a separação granulométrica*			
Massa inicial úmido	73,8529	73,8529	Partículas 4,000 - 0,062 (g)		49,8538		
Massa total inicial - Mi (g)	50,1000	49,7700	Partículas menores 0,062 (g)		0,0000		
% umidade		47,71	Massa total final - Mf (g)		49,8538		
Volume da proveta - Vp (ml)		1000	Fator de correção Mi/Mf		0,99832		
PIPETAGEM							
Granulometria	Tempo (h:min:s)	M.total (g)	M. frasco (g)	M.aliquota (g)	M.suspens aliq (g)	M.susp.total(g)	
menor que (mm)	10cm	20cm	Mt	Mfr	Mt-Mfr-D	Ms	Ms*Vp/20
0,063		00:00:57	15,4178	15,4178	0,0000	0,0000	0,0000
0,031		00:03:55	15,4178	15,4178	0,0000	0,0000	0,0000
0,016	00:07:21		15,4178	15,4178	0,0000	0,0000	0,0000
0,008	00:29:25		15,4178	15,4178	0,0000	0,0000	0,0000
0,004	01:57:39		15,4178	15,4178	0,0000	0,0000	0,0000
PENEIRAMENTO				CÁLCULOS PARA CURVA ACUMULATIVA E HISTOGRAMA			
Granulometria (mm)	Massa (g)	M.corrig (g)	Prp.massa (%)	Prp.acumulada (%)	Wentworth	Krumbein (phi)	
4,000	2,830	0,0000	0,0000	0,00	0,00	grânulo	-1,75
2,830	2,000	0,0000	0,0000	0,00	0,00	grânulo	-1,25
2,000	1,410	0,0000	0,0000	0,00	0,00	areia mt.grossa	-0,75
1,410	1,000	0,0000	0,0000	0,00	0,00	areia mt.grossa	-0,25
1,000	0,707	0,0641	0,0640	0,13	0,13	areia grossa	0,25
0,707	0,500	0,2035	0,2031	0,42	0,55	areia grossa	0,75
0,500	0,354	0,6448	0,6437	1,29	1,84	areia média	1,25
0,354	0,250	2,4136	2,4035	4,84	6,68	areia média	1,75
0,250	0,177	20,3012	20,8661	41,32	48,61	areia fina	2,25
0,177	0,125	23,0803	23,0415	46,30	94,90	areia fina	2,75
0,125	0,088	2,4945	2,4903	5,00	99,91	areia mt.fina	3,25
0,088	0,063	0,0458	0,0457	0,09	100,00	areia mt.fina	3,75
< (fundo)	0,063					silte/argila	
0,062	0,031	0,0000	0,0000	0,00	100,00	silte grosso	4,50
0,031	0,016	0,0000	0,0000	0,00	100,00	silte médio	5,50
0,016	0,008	0,0000	0,0000	0,00	100,00	silte fino	6,50
0,008	0,004	0,0000	0,0000	0,00	100,00	silte mt. fino	7,50
<	0,004	0,0000	0,0000	0,00	100,00	argila	9,00
Total		49,8538	49,7700	100,00	% Erro Analítico		0,168

Fonte: Autor.

Figura 54 — Relatório Estatístico gerado a partir do formulário de importação



Fonte: Autor.

4.5.3 Matriz de Comparação

A matriz de comparação foi desenvolvida em Excel e VBA (macros), aplicando o método morfosedimentológico proposto por Taggart e Schwartz (1988), que se baseia na comparação de cada parâmetro morfotextural (diâmetro médio, grau de seleção, curtose, declividade da praia e largura da praia) entre os perfis praias ao longo de uma campanha.

Para a criação da matriz que compara os parâmetros entre os perfis, primeiramente utilizou-se o método de filtro avançado de tabela com critérios no VBA, cujo objetivo do método é aplicar por meio de uma linha de código, a extração rápida de um subconjunto de registros em um banco de dados.

De acordo com Jelen e Syrstad (2021), isso é fundamental quando se deseja executar relatórios, por meio da busca de dados de um determinado grupo e em um determinado evento específico.

Ainda conforme Jelen e Syrstad (2021), dois filtros avançados são usados no mesmo procedimento: um para obter uma lista exclusiva por grupos e um segundo para filtrar com base em cada grupo.

No projeto VBA da matriz de comparação, o código para filtro avançado de tabela com critérios (Figura 55), foi atribuído ao botão de comando “Pesquisar” para filtrar a lista no local.

Figura 55 — Código no VBA para o filtro avançado de tabela com critérios

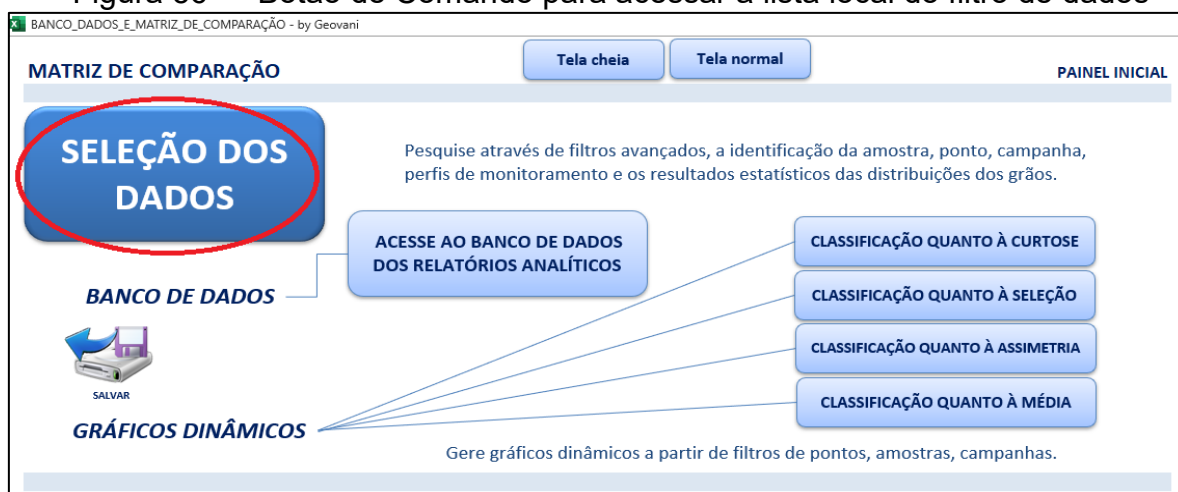


Fonte: Autor.

Por meio desse método é possível selecionar um conjunto perfis referente a determinada campanha para a confecção da matriz de comparação dos parâmetros morfotexturais.

Assim, ao acessar o botão de comando “SELEÇÃO DE DADOS” na tela principal (Figura 56), e realizar o filtro avançado do banco de dados (Figura 57) buscando na coluna “CAMPANHA” a sigla correspondente a praia, junto ao número correspondente a campanha que deseja buscar, é agrupado os dados para compor a matriz de comparação.

Figura 56 — Botão de Comando para acessar a lista local do filtro de dados



Fonte: Autor.

Figura 57 — Filtro avançado aplicado ao banco de dados

APAGAR FILTRO	PESQUISAR	APAGAR PESQUISA	GERAR MATRIZ DE COMPARAÇÃO 7 PERFIS	GERAR MATRIZ DE COMPARAÇÃO 10 PERFIS
DATA	ID AMOSTRA	CAMPANHA	PONTO	AMOSTRA
fev-18		C1.ENS	P5	
DATA	ID AMOSTRA	C1.ENS C2.ENS C3.ENS C4.ENS C5.ENS C6.ENS C7.ENS C8.ENS	PONTO	AMOSTRA
fev-18	ENS.01.P5.C1		P5	ENS.1.
fev-18	ENS.02.P5.C1		P5	ENS.2
fev-18	ENS.03.P5.C1	C1.ENS	P5	ENS.3
fev-18	ENS.04.P5.C1	C1.ENS	P5	ENS.4
fev-18	ENS.05.P5.C1	C1.ENS	P5	ENS.5
fev-18	ENS.06.P5.C1	C1.ENS	P5	ENS.6
fev-18	ENS.07.P5.C1	C1.ENS	P5	ENS.7
fev-18	ENS.08.P5.C1	C1.ENS	P5	ENS.8
fev-18	ENS.09.P5.C1	C1.ENS	P5	ENS.9
fev-18	ENS.10.P5.C1	C1.ENS	P5	ENS.10

Fonte: Autor.

Para gerar a matriz de comparação dos parâmetros, utilizou-se o botão de comando “GERAR MATRIZ DE COMPARAÇÃO” (Figura 58), que pode ser para 10 amostras ou um conjunto de 7 amostras, conforme a quantidade de perfis da praia monitorada.

Figura 58 — Comandos para gerar matriz de comparação

BANCO_DADOS_E_MATRIZ_DE_COMPARAÇÃO - by Geovani

A	B	C	D	E
APAGAR FILTRO	PESQUISAR	APAGAR PESQUISA	GERAR MATRIZ DE COMPARAÇÃO 7 PERFIS	GERAR MATRIZ DE COMPARAÇÃO 10 PERFIS
DATA	ID AMOSTRA	CAMPANHA	PONTO	AMOSTRA
fev-18		C1.ENS	P5	
		C1.ENS		
		C2.ENS		
		C3.ENS		
		C4.ENS		
		C5.ENS		
		C6.ENS		
		C7.ENS		
		C8.ENS		
DATA	ID AMOSTRA		PONTO	AMOSTRA
fev-18	ENS.01.P5.C1	C1.ENS	P5	ENS.1.
fev-18	ENS.02.P5.C1	C1.ENS	P5	ENS.2
fev-18	ENS.03.P5.C1	C1.ENS	P5	ENS.3
fev-18	ENS.04.P5.C1	C1.ENS	P5	ENS.4
fev-18	ENS.05.P5.C1	C1.ENS	P5	ENS.5
fev-18	ENS.06.P5.C1	C1.ENS	P5	ENS.6
fev-18	ENS.07.P5.C1	C1.ENS	P5	ENS.7
fev-18	ENS.08.P5.C1	C1.ENS	P5	ENS.8
fev-18	ENS.09.P5.C1	C1.ENS	P5	ENS.9
fev-18	ENS.10.P5.C1	C1.ENS	P5	ENS.10

Fonte: Autor.

Com esse comando cada parâmetro morfotextural do perfil é comparado com resultado do parâmetro do perfil vizinho e entre os perfis referente a campanha monitorada (Figura 59).

Figura 59 — Matriz de comparação entre parâmetros morfotexturais por campanha

ID AMOSTRA	DIÂMETRO MÉDIO (φ)	DESVIO PADRÃO (S)	CURTOSSE (K)	INCLINAÇÃO (°)	LARGURA (M)	Cont.par	Cont.par	RESULTADO										
ENS.01.P5.C1	2,4522	+	0,5036	-	1,2438	+	3,5	-	70,8	-	2	3	EROSÃO	-				
ENS.02.P5.C1	2,4273	-	0,3951	+	0,9568	-	1,5	+	107,5	+	3	2	3	TRANSPORTE	+	-		
ENS.03.P5.C1	2,6232	+	0,3234	+	1,2156	+	2,5	-	76,9	-	3	2	4	1	DEPOSIÇÃO	+	+	
ENS.04.P5.C1	2,5935	-	0,3646	-	0,9965	-	3,0	-	86,0	+	1	4	0	5	EROSÃO	-	-	
ENS.05.P5.C1	2,8032	+	0,2929	+	1,2209	+	1,5	+	0	102,2	+	5	0	3	1	DEPOSIÇÃO	+	+
ENS.06.P5.C1	2,7733	-	0,3047	-	1,3514	+	1,5	0	0	56,4	-	1	3	1	3	EROSÃO	-	-
ENS.07.P5.C1	2,7903	+	0,2829	+	1,2275	-	1,5	0	0	72,9	+	3	1	2	2	DEPOSIÇÃO	+	+
ENS.08.P5.C1	2,7438	-	0,3002	-	1,3728	+	1,5	0	-	105,0	+	2	2	2	3	EROSÃO	-	-
ENS.09.P5.C1	2,8521	+	0,2785	+	0,9963	-	1,0	+	+	60,6	-	3	2	4	1	DEPOSIÇÃO	+	+
ENS.10.P5.C1	2,8925	+	0,2986	-	0,8436	-	2,5	-	-	18,3	-	1	4			EROSÃO	-	-

VOLTAR AO PAINEL

VOLTAR SELEÇÃO DOS DADOS

SÍNTESE DOS RESULTADOS EM 10 PERFIS

GERAR PDF

ENS P5 C1 MATRIZ

Fonte: Autor.

Essas condições seguem conforme o modelo de células de transporte de sedimentos de Taggart e Schwartz (1988) modificado por Souza (1997) (Tabela 17), onde se atribui formatos de sinais (positivo e negativo) conforme o resultado da comparação. As amostras das extremidades da praia terão apenas 1 sinal, as demais terão dois sinais (par), como resultado de duas comparações.

O resultado da comparação de todos os parâmetros é representado por um par de sinais que corresponde à predominância de um ou outro, para cada termo do par.

Assim, se o par final for (+/+) significa que, no local, predomina o processo deposicional, sendo zona de sotamar de uma pequena célula; se for (-/-) predomina a erosão, ou seja, o sedimento encontra-se em zona de barlamar; e, se for (+/-) ou (-/+), representa uma zona de transporte (trânsito de sedimentos), havendo ganho e perda de sedimentos simultaneamente.

Os rumos de transporte são, então, facilmente deduzidos a partir desses resultados. Quando o valor de um parâmetro se mostrar igual para as duas amostras comparadas atribui-se o índice zero (0) ao termo do par.

Porém quando o resultado final da contagem dos pares de sinais for igual, é utilizado o grau de seleção de sedimentos (desvio padrão), se ainda persistir a igualdade, utiliza-se o diâmetro médio (tamanho dos grãos), e assim por diante, conforme proposto por Taggart & Schwartz (1988) na análise e interpretação, com a ordem de significância das seguintes medidas:

1° - Grau de seleção, menor (+) ou maior (-) valor de desvio padrão;

2° - Grau de afinamento dos grãos, maior (+) ou menor (-) no valor na escala de diâmetro (ϕ);

3 ° - Nível de energia das ondas, maior quando a curtose diminui (-) ou menor quando a curtose aumenta (+);

4 ° - Inclinação da praia, maior (+) depósito quando a inclinação diminui ou menor (-) depósito quando a inclinação aumenta;

5 ° - Largura da praia, maior (+) depósito quando a largura aumenta e menor (-) depósito quando a largura diminui.

Tabela 17 — Condição estabelecida para a Matriz de comparação conforme método morfosedimentológico

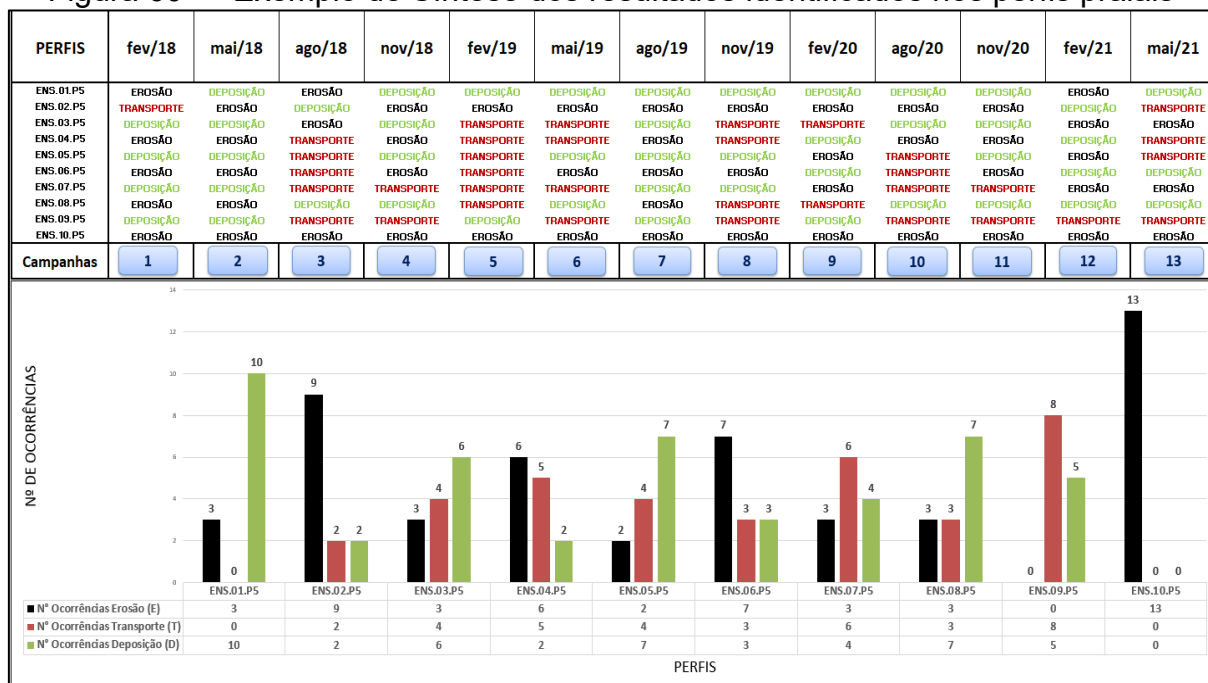
TIPO DE PERFIL ANALISADO	DIÂMETRO MÉDIO (ϕ)	DESVIO PADRÃO (S)	CURTOSE (K)	INCLINAÇÃO ($^{\circ}$)	LARGURA (M)	SINAL RESULTANTE	PROCESSO SEDIMENTAR
P1 extremidade da praia	P1 > P2; (+)	P1 > P2; (-)	P1 > P2; (+)	P1 > P2; (-)	P1 > P2; (+)	Se, (+)	DEPOSIÇÃO
	P1 < P2; (-)	P1 < P2; (+)	P1 < P2; (-)	P1 < P2; (+)	P1 < P2; (-)	Se, (-)	EROSÃO
P2 (entre perfis)	P2 > P1; (+)	P2 > P1; (-)	P2 > P1; (+)	P2 > P1; (-)	P2 > P1; (+)	Se, (+/+) Se, (-/-) Se, (+/-)	DEPOSIÇÃO
	P2 < P1; (-)	P2 < P1; (+)	P2 < P1; (-)	P2 < P1; (+)	P2 < P1; (-)		EROSÃO
	P2 > P3; (+)	P2 > P3; (-)	P2 > P3; (+)	P2 > P3; (-)	P2 > P3; (+)		TRANSPORTE
	P2 < P3; (-)	P2 < P3; (+)	P2 < P3; (-)	P2 < P3; (+)	P2 < P3; (-)		
P3 extremidade da praia	P3 > P2; (+)	P3 > P2; (-)	P3 > P2; (+)	P3 > P2; (-)	P3 > P2; (+)	Se, (+)	DEPOSIÇÃO
	P3 < P2; (-)	P3 < P2; (+)	P3 < P2; (-)	P3 < P2; (+)	P3 < P2; (-)	Se, (-)	EROSÃO

Fonte: Autor.

Ao término de todas as matrizes, os processos sedimentares (erosão, transporte e depósito) identificados nos perfis são quantificados em relação ao número de ocorrência e a porcentagem de contribuição durante as campanhas, conforme apresentado na (Figura 60).

Para esse método foi utilizado um código para importação dos dados de resultados de cada matriz de comparação e inserido no módulo do *Visual Basic for Application* da ferramenta computacional.

Figura 60 — Exemplo de Síntese dos resultados identificados nos perfis praias



Fonte: Autor.

Com isso é possível identificar a presença de correntes de retorno (zonas de convergências), zonas de barlamar ou centros de divergência de células de deriva litorânea. A identificação desses indicadores de erosão costeira serve de base metodológica para implementação do Mapeamento Sistemático de Risco à Erosão, que conforme Souza (2009), se baseia numa matriz de classificação que relaciona o número de indicadores de erosão encontrados e sua distribuição percentual ao longo da praia.

5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

5.1 Incerteza da Medição no Ensaio Granulométrico

Para uma melhor avaliação do grau de incerteza da medição no ensaio, foram combinadas as incertezas da amostragem com as incertezas das análises laboratoriais realizadas nos perfis da praia da Enseada (Guarujá – SP) (Tabela 18) e da praia do Itaguapé (Bertioga – SP) (Tabela 19), com valores de incerteza de medição do ensaio inferiores a 1%.

Tabela 18 — Resultados das Incertezas da medição (k=2; NC = 95,45%) aos ensaios da distribuição granulométrica – Praia da Enseada (Guarujá – SP)

Perfis	Incerteza (U) na Amostragem (g)	Incerteza na Amostragem % (RSD)	Incerteza (U) na Análise (g)	Incerteza (U) no Ensaio (%) (VMA 1%)	Contribuição da fonte de incerteza na amostragem	Contribuição das fontes de incerteza na análise
ENS 01	± 0,0326	± 2,89	± 0,0392	± 0,16	45,39 %	54,61 %
ENS 02	± 0,0171	± 1,52	± 0,0285	± 0,07	37,54 %	62,46 %
ENS 03	± 0,0123	± 1,09	± 0,0266	± 0,06	31,65 %	68,35 %
ENS 04	± 0,0248	± 2,19	± 0,0281	± 0,08	46,92 %	53,08%
ENS 05	± 0,0122	± 1,08	± 0,0589	± 0,13	17,11 %	82,89%
ENS 06	± 0,0141	± 1,25	± 0,1116	± 0,25	11,23 %	88,77%
ENS 07	± 0,0169	± 1,50	± 0,0820	± 0,21	17,08 %	82,92%
ENS 08	± 0,0206	± 1,82	± 0,1774	± 0,47	10,39 %	89,61%
ENS 09	± 0,0194	± 1,72	± 0,0724	± 0,23	21,13 %	78,87%
ENS 10	± 0,0214	± 1,89	± 0,0855	± 0,27	20,01 %	79,99%

Fonte: Autor.

Tabela 19 — Resultados das Incertezas da medição (k=2; NC = 95,45%) aos ensaios da distribuição granulométrica – Praia do Itaguapé (Bertioga – SP)

Perfis	Incerteza (U) na Amostragem (g)	Incerteza na Amostragem % (RSD)	Incerteza (U) na Análise (g)	Incerteza (U) no Ensaio (%) (VMA 1%)	Contribuição da fonte de incerteza na amostragem	Contribuição das fontes de incerteza na análise
ITAG 01	± 0,0221	± 1,96	± 0,0754	± 0,48	22,69 %	77,31 %
ITAG 02	± 0,0349	± 3,09	± 0,1934	± 0,89	15,28 %	84,72 %
ITAG 03	± 0,0265	± 2,35	± 0,1695	± 0,66	13,51 %	86,49 %
ITAG 04	± 0,0248	± 2,20	± 0,0607	± 0,22	29,01 %	70,99 %
ITAG 05	± 0,0259	± 2,29	± 0,1485	± 0,60	14,83 %	85,17 %
ITAG 06	± 0,0287	± 2,54	± 0,0711	± 0,34	28,78 %	71,22 %
ITAG 07	± 0,0218	± 1,93	± 0,0455	± 0,15	32,38 %	67,62 %

Fonte: Autor.

5.2 Distribuição Média dos Tamanhos dos Grãos

Os dados obtidos das análises das distribuições granulométricas, realizadas por peneiramento nos perfis da praia da Enseada (Guarujá – SP) e nos perfis da praia do Itaguapé (Bertioga -SP), foram convertidos de diâmetros (mm) para valores de (ϕ) pelo programa GEOGRAIN 1.0, conforme proposto por Krumbein (1934).

Quanto aos cálculos para o diâmetro médio, seguiu-se conforme Folk & Ward (1957), utilizando a média dos 16º, 50º e 84º percentis de uma curva de percentuais acumulados de cada perfil e em cada campanha. Segundo Wentworth (1922), o tamanho das partículas arenosas é classificado em: grânulo (-2,00 a -1,00 ϕ), areia muito grossa (-1,00 a 0,00 ϕ), areia grossa (0,00 a 1,00 ϕ), areia média (1,00 a 2,00 ϕ), areia fina (2,00 a 3,00 ϕ) e areia muito fina (3,00 a 4,00 ϕ).

5.2.1 Classificação Textural - Praia da Enseada

Em todos os perfis da zona emersa da praia da Enseada (Guarujá – SP) (Tabela 20), observou-se a predominância de areia fina, o que indica pouca variação nas médias dos tamanhos dos grãos nessa praia.

No entanto pequenas mudanças na média dos tamanhos dos grãos no perfil ENS.10., referente às campanhas C2 e C9, o classificaram como areia muito fina.

Apesar do perfil ENS.10. apresentar taxas históricas de erosão e que grãos maiores originam de perfis com esse tipo de característica, é provável que o perfil vizinho ENS-9 contribuiu como fonte sedimentar de areia muito fina, tanto na zona emersa, quanto a zona submersa (Tabela 21) por ser uma área de constante remobilização de sedimentos.

5.2.2 Classificação Textural - Praia do Itaguapé

Nos perfis da praia do Itaguapé Zona Emersa (Bertioga -SP) (Tabela 22), houve uma predominância de 65,93% de areia fina e 34,07% de areia muito fina, indicando que houve grande variação para as médias dos tamanhos dos grãos para essa praia, diferente da zona submersa (Tabela 23), em que predominou a areia fina.

Tabela 20 — Média do tamanho dos grãos e classificação Textural – Praia da Enseada Zona Emersa (Guarujá -SP)

Perfil	C1	C2	C3	C4	C5	C6	C7	C8	C9	C10	C11	C12	C13
ENS.01.	2,4522	2,5935	2,7275	2,7065	2,7432	2,6810	2,7375	2,7060	2,6041	2,7217	2,7460	2,8237	2,7295
	Areia Fina	Areia Fina	Areia Fina	Areia Fina	Areia Fina	Areia Fina	Areia Fina	Areia Fina	Areia Fina	Areia Fina	Areia Fina	Areia Fina	Areia Fina
ENS.02.	2,4273	2,5654	2,8535	2,6382	2,6122	2,5633	2,6198	2,6188	2,5335	2,4969	2,5623	2,7426	2,6557
	Areia Fina	Areia Fina	Areia Fina	Areia Fina	Areia Fina	Areia Fina	Areia Fina	Areia Fina	Areia Fina	Areia Fina	Areia Fina	Areia Fina	Areia Fina
ENS.03.	2,6232	2,6689	2,5604	2,7496	2,6553	2,7287	2,7450	2,7389	2,6451	2,6797	2,6746	2,7720	2,6527
	Areia Fina	Areia Fina	Areia Fina	Areia Fina	Areia Fina	Areia Fina	Areia Fina	Areia Fina	Areia Fina	Areia Fina	Areia Fina	Areia Fina	Areia Fina
ENS.04.	2,5935	2,6161	2,6693	2,6431	2,7309	2,7525	2,7224	2,7435	2,7568	2,6446	2,5810	2,7366	2,7403
	Areia Fina	Areia Fina	Areia Fina	Areia Fina	Areia Fina	Areia Fina	Areia Fina	Areia Fina	Areia Fina	Areia Fina	Areia Fina	Areia Fina	Areia Fina
ENS.05.	2,8032	2,7400	2,6141	2,7516	2,7400	2,7730	2,7306	2,7665	2,7363	2,6522	2,7410	2,7807	2,7436
	Areia Fina	Areia Fina	Areia Fina	Areia Fina	Areia Fina	Areia Fina	Areia Fina	Areia Fina	Areia Fina	Areia Fina	Areia Fina	Areia Fina	Areia Fina
ENS.06.	2,7733	2,5806	2,8199	2,7684	2,7501	2,7491	2,7570	2,7901	2,8064	2,7374	2,7315	2,7939	2,7709
	Areia Fina	Areia Fina	Areia Fina	Areia Fina	Areia Fina	Areia Fina	Areia Fina	Areia Fina	Areia Fina	Areia Fina	Areia Fina	Areia Fina	Areia Fina
ENS.07.	2,7903	2,7739	2,7204	2,8093	2,8424	2,8748	2,8093	2,8190	2,7591	2,7753	2,8456	2,7811	2,8037
	Areia Fina	Areia Fina	Areia Fina	Areia Fina	Areia Fina	Areia Fina	Areia Fina	Areia Fina	Areia Fina	Areia Fina	Areia Fina	Areia Fina	Areia Fina
ENS.08.	2,7438	2,5156	2,8690	2,7942	2,8848	2,8312	2,8459	2,8349	2,8351	2,7731	2,8719	2,8062	2,8257
	Areia Fina	Areia Fina	Areia Fina	Areia Fina	Areia Fina	Areia Fina	Areia Fina	Areia Fina	Areia Fina	Areia Fina	Areia Fina	Areia Fina	Areia Fina
ENS.09.	2,8521	2,8815	2,7653	2,8609	2,8769	2,9419	2,7911	2,8630	2,9002	2,8313	2,8747	2,8977	2,8202
	Areia Fina	Areia Fina	Areia Fina	Areia Fina	Areia Fina	Areia Fina	Areia Fina	Areia Fina	Areia Fina	Areia Fina	Areia Fina	Areia Fina	Areia Fina
ENS.10.	2,8925	3,0423	2,9782	2,9073	2,8799	2,9226	2,9126	2,9811	3,0059	2,8945	2,8920	2,9141	2,9078
	Areia Fina	Areia Muito Fina	Areia Fina	Areia Fina	Areia Fina	Areia Fina	Areia Fina	Areia Fina	Areia Muito Fina	Areia Fina	Areia Fina	Areia Fina	Areia Fina

Fonte: Autor.

Tabela 21 — Média do tamanho dos grãos e classificação Textural – Praia da Enseada – Zona Submersa (Guarujá -SP)

Perfil	C1	C2	C3	C4	C5	C6	C7	C8	C9	C10	C11	C12	C13
ENS.01.	2,5761	2,6202	2,4890	2,6264	2,5331	2,6314	2,6396	2,5440	2,5553	2,5395	2,5676	2,5822	2,6497
	Areia Fina	Areia Fina	Areia Fina	Areia Fina	Areia Fina	Areia Fina	Areia Fina	Areia Fina	Areia Fina	Areia Fina	Areia Fina	Areia Fina	Areia Fina
ENS.02.	2,456	2,5848	2,6508	2,5476	2,5380	2,4586	2,5339	2,5230	2,5501	2,6281	2,4124	2,6610	2,4274
	Areia Fina	Areia Fina	Areia Fina	Areia Fina	Areia Fina	Areia Fina	Areia Fina	Areia Fina	Areia Fina	Areia Fina	Areia Fina	Areia Fina	Areia Fina
ENS.03.	2,5700	2,5829	2,5625	2,6769	2,6483	2,7478	2,6009	2,6518	2,7336	2,5411	2,5291	2,5424	2,5910
	Areia Fina	Areia Fina	Areia Fina	Areia Fina	Areia Fina	Areia Fina	Areia Fina	Areia Fina	Areia Fina	Areia Fina	Areia Fina	Areia Fina	Areia Fina
ENS.04.	2,7149	2,7259	2,6586	2,7061	2,6846	2,5697	2,6547	2,6592	2,6987	2,6005	2,6631	-----	2,6345
	Areia Fina	Areia Fina	Areia Fina	Areia Fina	Areia Fina	Areia Fina	Areia Fina	Areia Fina	Areia Fina	Areia Fina	Areia Fina	-----	Areia Fina
ENS.05.	2,7611	2,7375	2,6287	2,7214	2,7486	2,7394	2,7550	2,7306	2,6829	2,6518	2,6302	2,7567	2,7047
	Areia Fina	Areia Fina	Areia Fina	Areia Fina	Areia Fina	Areia Fina	Areia Fina	Areia Fina	Areia Fina	Areia Fina	Areia Fina	Areia Fina	Areia Fina
ENS.06.	2,7424	-----	2,7671	2,7413	2,7442	2,7389	2,7501	2,7436	2,7838	2,7285	2,7531	2,7608	2,6496
	Areia Fina	-----	Areia Fina	Areia Fina	Areia Fina	Areia Fina	Areia Fina	Areia Fina	Areia Fina	Areia Fina	Areia Fina	Areia Fina	Areia Fina
ENS.07.	2,7400	2,7918	2,7025	2,7564	2,8019	2,8433	2,7650	2,7694	2,7592	2,7789	2,7532	2,8373	2,8240
	Areia Fina	Areia Fina	Areia Fina	Areia Fina	Areia Fina	Areia Fina	Areia Fina	Areia Fina	Areia Fina	Areia Fina	Areia Fina	Areia Fina	Areia Fina
ENS.08.	2,7768	2,7662	2,8296	2,7656	2,8095	2,8172	2,8057	2,8272	2,8164	2,7500	2,8205	2,8299	2,7584
	Areia Fina	Areia Fina	Areia Fina	Areia Fina	Areia Fina	Areia Fina	Areia Fina	Areia Fina	Areia Fina	Areia Fina	Areia Fina	Areia Fina	Areia Fina
ENS.09.	2,8145	2,8632	2,8148	2,8367	2,8268	2,8475	2,8399	2,8874	2,8489	2,8652	2,8092	2,8566	2,8541
	Areia Fina	Areia Fina	Areia Fina	Areia Fina	Areia Fina	Areia Fina	Areia Fina	Areia Fina	Areia Fina	Areia Fina	Areia Fina	Areia Fina	Areia Fina
ENS.10.	3,0722	2,8589	2,9490	2,9283	2,8990	2,8674	2,8898	2,9217	2,9087	2,8749	2,9437	2,9133	2,9068
	Areia Muito Fina	Areia Fina	Areia Fina	Areia Fina	Areia Fina	Areia Fina	Areia Fina	Areia Fina	Areia Fina	Areia Fina	Areia Fina	Areia Fina	Areia Fina

Fonte: Autor.

Tabela 22 — Média do tamanho dos grãos e classificação Textural – Praia do Itaguapé Zona Emersa (Bertioga -SP)

Perfil	C1	C2	C3	C4	C5	C6	C7	C8	C9	C10	C11	C12	C13
ITAG.01.	3,0627	3,1068	3,1714	3,0493	3,0712	3,0352	3,0548	3,0390	3,0559	2,9623	3,0299	3,0173	3,1233
	Areia Muito fina	Areia Muito fina	Areia Muito fina	Areia Muito fina	Areia Muito fina	Areia Muito fina	Areia Muito fina	Areia Muito fina	Areia Muito fina	Areia Fina	Areia Muito fina	Areia Muito fina	Areia Muito fina
ITAG.02.	3,0315	2,9985	3,0089	2,9718	3,0512	2,9758	2,7390	2,9528	2,9429	3,0306	3,0374	3,1094	2,8594
	Areia Muito fina	Areia Fina	Areia Muito fina	Areia Fina	Areia Muito fina	Areia Fina	Areia Fina	Areia Fina	Areia Fina	Areia Muito fina	Areia Muito fina	Areia Muito fina	Areia Fina
ITAG.03.	2,9100	2,9599	2,9734	2,9437	3,0562	2,9748	2,9246	2,9013	2,9107	2,8511	3,0248	2,9741	2,8378
	Areia Fina	Areia Fina	Areia Fina	Areia Fina	Areia Muito fina	Areia Fina	Areia Fina	Areia Fina	Areia Fina	Areia Fina	Areia Muito fina	Areia Fina	Areia Fina
ITAG.04.	2,8715	3,0240	2,7682	2,8646	3,0461	3,0106	2,6263	2,7979	2,8923	3,0423	3,0206	3,0587	2,9008
	Areia Fina	Areia Muito fina	Areia Fina	Areia Fina	Areia Muito fina	Areia Muito fina	Areia Fina	Areia Fina	Areia Fina	Areia Muito fina	Areia Muito fina	Areia Muito fina	Areia Fina
ITAG.05.	2,8922	2,9433	2,9138	2,8958	2,9819	2,9956	2,9119	2,8660	2,9024	2,8234	2,9843	3,0392	2,9718
	Areia Fina	Areia Fina	Areia Fina	Areia Fina	Areia Fina	Areia Fina	Areia Fina	Areia Fina	Areia Fina	Areia Fina	Areia Fina	Areia Muito fina	Areia Fina
ITAG.06.	3,0013	2,9343	2,9234	2,9809	3,1052	3,0023	2,8999	2,8741	2,8954	2,9408	2,8953	2,9950	2,8981
	Areia Muito fina	Areia Fina	Areia Fina	Areia Fina	Areia Muito fina	Areia Muito fina	Areia Fina	Areia Fina	Areia Fina	Areia Fina	Areia Fina	Areia Fina	Areia Fina
ITAG.07.	2,9275	2,9659	2,8563	2,9499	3,0073	2,9838	2,8315	2,8656	2,6655	2,6032	2,9219	2,8047	2,9614
	Areia Fina	Areia Fina	Areia Fina	Areia Fina	Areia Muito fina	Areia Fina	Areia Fina	Areia Fina	Areia Fina	Areia Fina	Areia Fina	Areia Fina	Areia Fina

Fonte: Autor.

Tabela 23 — Média do tamanho dos grãos e classificação Textural – Praia do Itaguapé – Zona Submersa (Bertioga -SP)

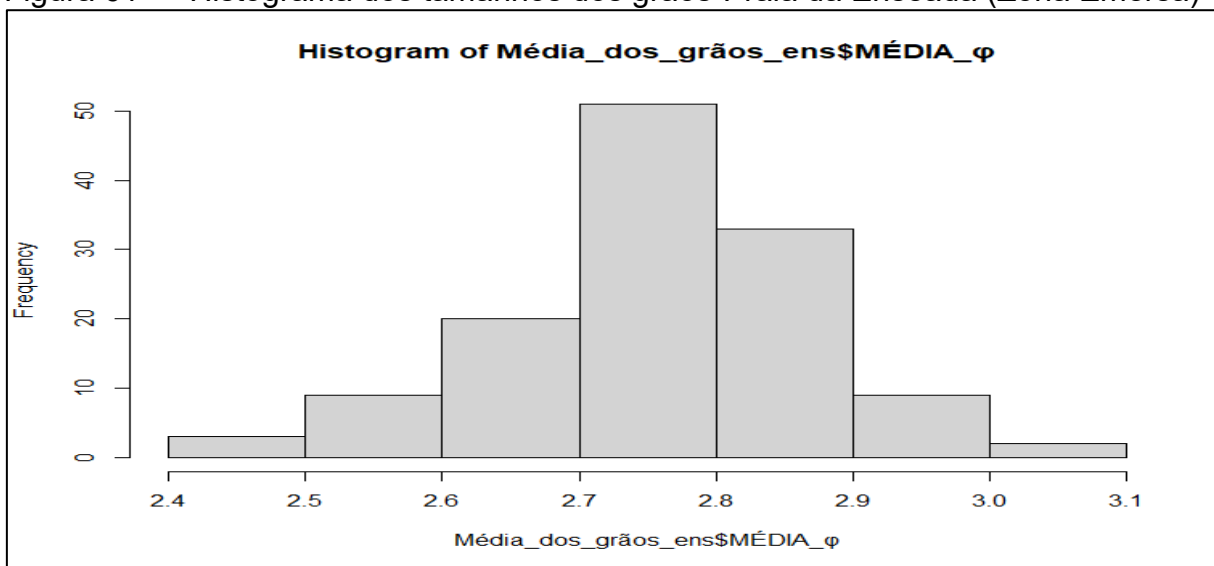
Perfil	C1	C2	C3	C4	C5	C6	C7	C8	C9	C10	C11	C12	C13
ITAG.01.	3,0824	2,9385	2,9861	2,9611	3,0049	3,0130	2,8971	2,9267	2,9823	2,9115	-----	-----	3,0002
	Areia Muito fina	Areia Fina	Areia Fina	Areia Fina	Areia Muito fina	Areia Muito fina	Areia Fina	Areia Fina	Areia Fina	Areia Fina	-----	-----	Areia Muito fina
ITAG.02.	2,9345	2,9524	2,8206	2,6137	2,8857	2,7716	2,8357	2,7576	2,7620	2,3765	2,8526	-----	2,7232
	Areia Fina	Areia Fina	Areia Fina	Areia Fina	Areia Fina	Areia Fina	Areia Fina	Areia Fina	Areia Fina	Areia Fina	Areia Fina	-----	Areia Fina
ITAG.03.	2,5483	2,5742	2,4315	2,7731	2,9066	2,5122	2,5071	2,6607	2,4122	2,3704	2,4689	2,5354	2,4333
	Areia Fina	Areia Fina	Areia Fina	Areia Fina	Areia Fina	Areia Fina	Areia Fina	Areia Fina	Areia Fina	Areia Fina	Areia Fina	Areia Fina	Areia Fina
ITAG.04.	2,5681	2,6568	2,6644	2,5279	2,5978	2,6030	2,7700	2,5620	2,1361	2,3645	2,6938	2,7607	2,6946
	Areia Fina	Areia Fina	Areia Fina	Areia Fina	Areia Fina	Areia Fina	Areia Fina	Areia Fina	Areia Fina	Areia Fina	Areia Fina	Areia Fina	Areia Fina
ITAG.05.	2,4615	2,6243	2,5745	2,5810	2,7562	-----	2,2731	2,5684	2,2494	2,6309	2,6335	2,6603	-----
	Areia Fina	Areia Fina	Areia Fina	Areia Fina	Areia Fina	-----	Areia Fina	Areia Fina	Areia Fina	Areia Fina	Areia Fina	Areia Fina	-----
ITAG.06.	2,8208	2,7344	2,5723	2,7856	2,8417	-----	2,5503	2,3555	2,6579	2,6606	2,6564	2,8013	2,5792
	Areia Muito fina	Areia Fina	Areia Fina	Areia Fina	Areia Fina	-----	Areia Fina	Areia Fina	Areia Fina	Areia Fina	Areia Fina	Areia Fina	Areia Fina
ITAG.07.	2,8480	2,7012	2,9774	2,7839	2,8721	2,7530	2,7045	2,6881	2,8253	2,7285	2,7690	2,9489	2,9721
	Areia Fina	Areia Fina	Areia Fina	Areia Fina	Areia Fina	Areia Fina	Areia Fina	Areia Fina	Areia Fina	Areia Fina	Areia Fina	Areia Fina	Areia Fina

Fonte: Autor.

5.2.3 Resultados do teste estatístico para as médias dos tamanhos dos grãos

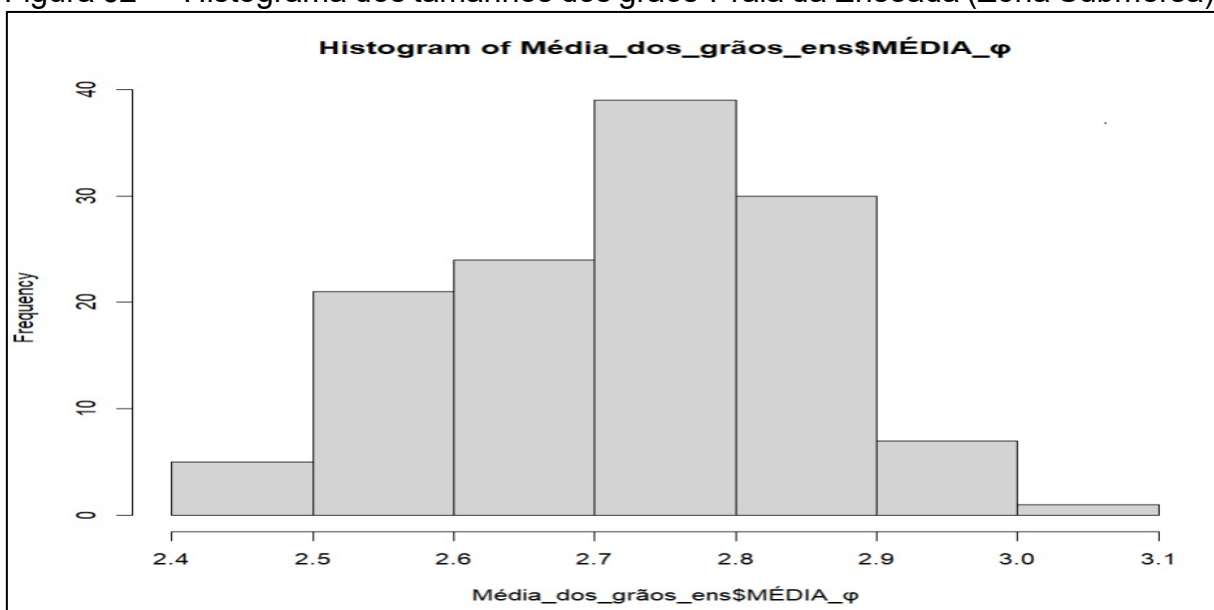
Na análise da distribuição dos tamanhos dos grãos na praia da Enseada – Zona Emersa observou-se que as médias seguem uma distribuição praticamente normal, apresentando uma simetria (Figura 61), assim como a Zona submersa (Figura 62).

Figura 61 — Histograma dos tamanhos dos grãos-Praia da Enseada (Zona Emersa)



Fonte: Autor.

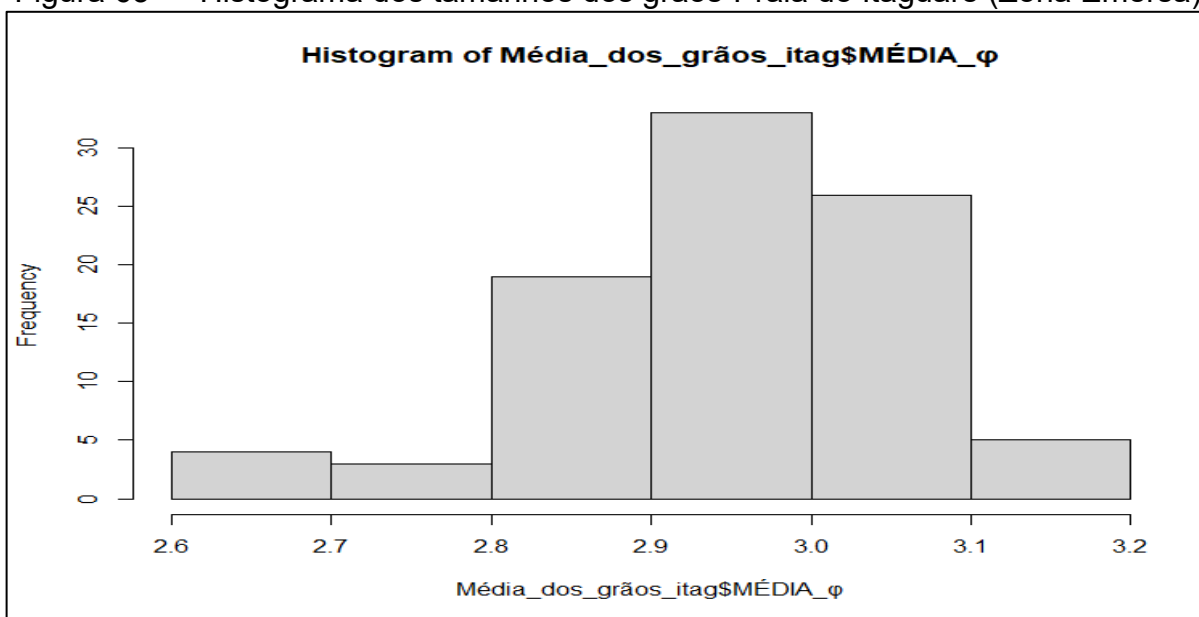
Figura 62 — Histograma dos tamanhos dos grãos-Praia da Enseada (Zona Submersa)



Fonte: Autor.

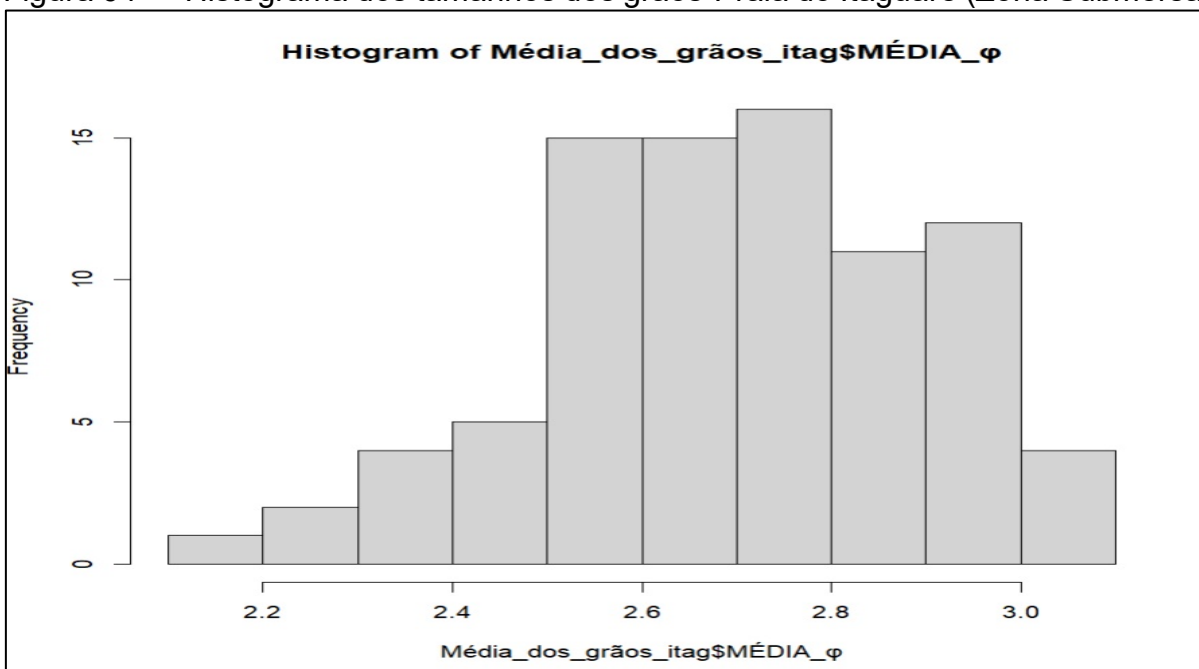
Com relação a análise gráfica da distribuição referente a praia do Itaguare - Zona Emersa foi possível observar que as médias seguem uma distribuição mais assimétricas no sentido dos grãos mais finos (Figura 63) assim como a Zona Submersa (Figura 64).

Figura 63 — Histograma dos tamanhos dos grãos-Praia do Itaguare (Zona Emersa)



Fonte: Autor.

Figura 64 — Histograma dos tamanhos dos grãos-Praia do Itaguare (Zona Submersa)



Fonte: Autor.

O teste de Shapiro-Wilk (Tabela 24) produz a estatística W e um valor de p a ela associado. Os resultados mostram que na Praia da Enseada – Zona Emersa (Guarujá – SP), o valor de p é 0,1957 é maior que o limiar comum de 0,05.

Isso significa que há aproximadamente 19,57% de chance de os valores obtidos para os tamanhos médios dos grãos estarem acima de 3,00 ϕ (classificados como areia muito fina). Como o valor de $p > 0,05$, não há evidência estatística para rejeitar a hipótese nula, assim como na Zona Submersa, cujo valor de p é 0,1529.

Isso sugere que ambas as distribuições dos tamanhos dos grãos se aproximam de uma distribuição normal, e, portanto, os resultados indicam consistência na média e na classificação textural.

Na praia do Itaguapé -Zona Emersa (Bertioga – SP): O valor de p é 0,0003, muito abaixo de 0,05, indicando uma probabilidade de 0,03% de observar tamanhos de grão superiores a 3,00 ϕ sem efeito significativo na média ou na classificação textural.

Como o valor de $p \leq 0,05$, assim como Zona Submersa, cujo p -valor é 0,03, rejeita-se a hipótese nula, sugerindo que os dados dos tamanhos médios dos grãos não seguem uma distribuição normal.

Isso implica que a presença de valores acima de 3,00 ϕ provavelmente afeta significativamente a média e a classificação textural, podendo sinalizar uma distribuição de grãos mais heterogênea ou irregular.

O valor de $p \leq 0,05$ geralmente descreve um processo comum em praias com alta energia, como as de mar agitado, onde a força das ondas e correntes seleciona e transporta sedimentos, afetando o tamanho dos grãos presentes na praia (distribuição granulométrica).

O teste de normalidade de Shapiro-Wilk realizados nas curvas distribuição dos tamanhos dos grãos das praias confirmou a diferenciação dos dois ambientes. Observou-se que as médias seguem uma distribuição normal para os sedimentos da Praia da Enseada com p-valor $> 0,05$.

Quanto aos sedimentos da praia do Itaguapé indicam que a distribuição dos tamanhos dos grãos de sedimentos não segue necessariamente uma distribuição normal (sendo irregular), p-valor $< 0,05$ isso em geral ocorre em praias mais agitadas, em que energia das ondas e das correntes costumam selecionar e transportar os sedimentos, influenciando a distribuição granulométrica.

Tabela 24 — Resultado do teste de Shapiro-Wilk para as médias

Praia	Resultado do teste Shapiro-Wilk (Programa R®)	Decisão
Enseada – Zona Emersa (Guarujá – SP)	0,1957 > 0,05, não rejeita hipótese nula	A distribuição dos dados NÃO DIFERE de uma distribuição normal, desvios no valor do parâmetro “média do tamanho do grão” não se afastam significativamente de uma distribuição normal, assim deve ser interpretado com cautela e ser analisado em conjunto com o desvio padrão, assimetria e curtose.
Enseada – Zona Submersa (Guarujá – SP)	0,1529 > 0,05, não rejeita hipótese nula	
Itaguapé – Zona Emersa (Bertioga – SP)	0,0003 ≤ 0,05, rejeita hipótese nula	A distribuição dos dados DIFERE de uma distribuição normal, desvios no valor do parâmetro “média do tamanho do grão” se afastam significativamente de uma distribuição normal.
Itaguapé – Zona Submersa (Bertioga – SP)	0,03 ≤ 0,05, rejeita hipótese nula	

Fonte: Autor.

De maneira geral, observa-se que as praias da Enseada (Guarujá – SP) e do Itaguapé (Bertioga – SP), na zona emersa, apresentaram, em média, valores de tamanho de grãos (em ϕ) de 2,7554 e 2,9466, respectivamente.

Já na zona submersa, os valores médios foram de 2,7189 e 2,6979, também caracterizando areia fina. No entanto, a distribuição dos dados da praia do Itaguapé apresenta forte assimetria positiva, ou seja, com tendência para grãos mais finos.

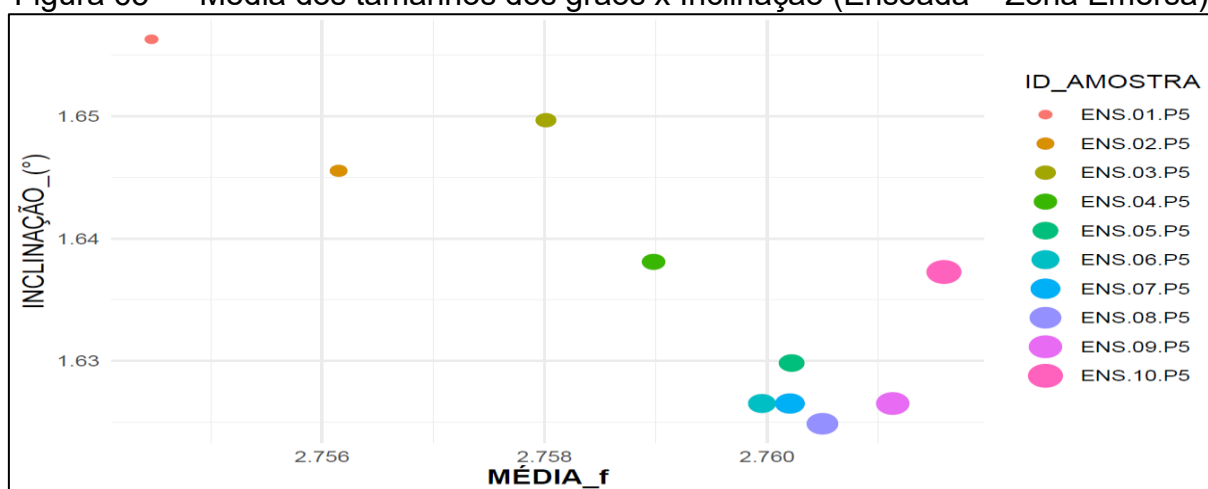
Quanto à distribuição dos dados referente a Praia da Enseada, desvios nos valores médios do tamanho de grãos não se afastam da distribuição normal, assim esse indicador de transporte de sedimento precisa ser avaliado em conjunto com outros indicadores como o desvio padrão, assimetria e curtose.

5.2.4 Correlação da Média do tamanho dos grãos e inclinação

Com relação ao tamanho médio do grão e a inclinação segundo Hoefel (1973), os grãos mais finos tendem a permanecer em equilíbrio em perfis de inclinação mais suaves, enquanto grãos maiores originam perfis de equilíbrio mais íngremes.

Essa relação pode ser observada na (Figura 65) relacionando as médias do tamanho dos grãos na praia da Enseada – Zona Emersa (Guarujá – SP) com a média das inclinações de seus perfis.

Figura 65 — Média dos tamanhos dos grãos x Inclinação (Enseada – Zona Emersa)



Fonte: Autor.

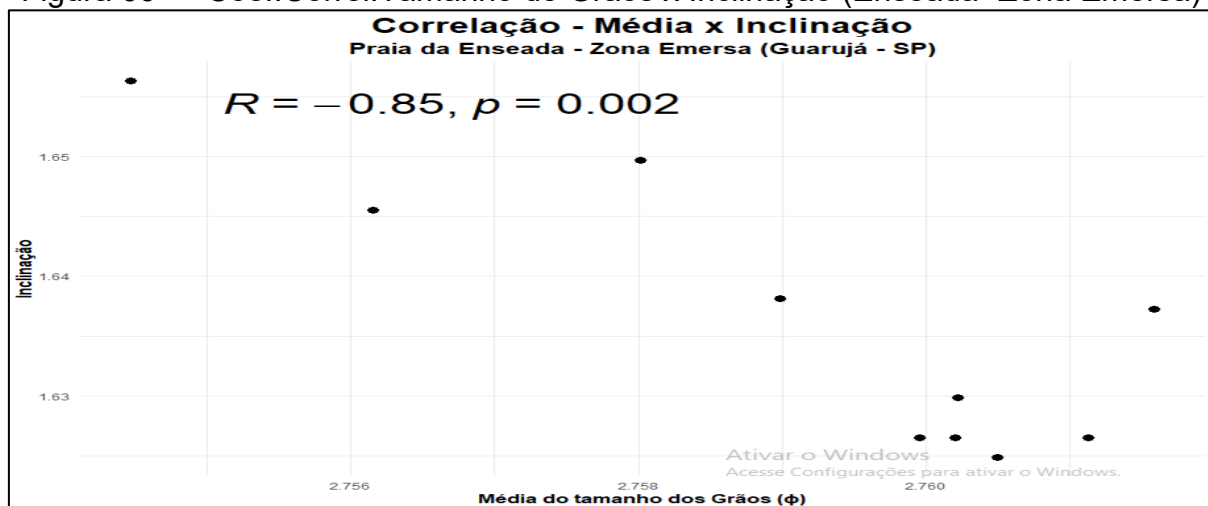
Apenas para as amostras do perfil ENS.10 não foi observado uma correlação entre o tamanho médio e a inclinação média do perfil, isso pode ser explicado pois segundo Souza (2023), o perfil encontra-se próximo ao Morro da Tortuga e ao lado do perfil ENS.9, cujo histórico predomina o transporte de sedimentos, o que significa que nesse perfil ocorre remobilização de sedimentos, onde favorece maior empilhamento de grãos mais finos.

O coeficiente mostra os valores de correlação de Pearson que indica o grau de relação linear entre cada par de variáveis. Os valores de correlação variam entre -1 e +1. Quando duas variáveis tendem a aumentar ou diminuir juntas, a correlação é positiva. Por outro lado, se uma variável aumenta enquanto a outra diminui, a correlação é negativa.

O valor do coeficiente de correlação encontrado praia da Enseada – Zona Emersa (Guarujá – SP) foi de - 0.85 (Figura 66), ou seja, uma correlação negativa,

que indica que os grãos de sedimento com valores mais altos de (Fi) (mais finos) tendem a permanecer em perfis menos íngremes.

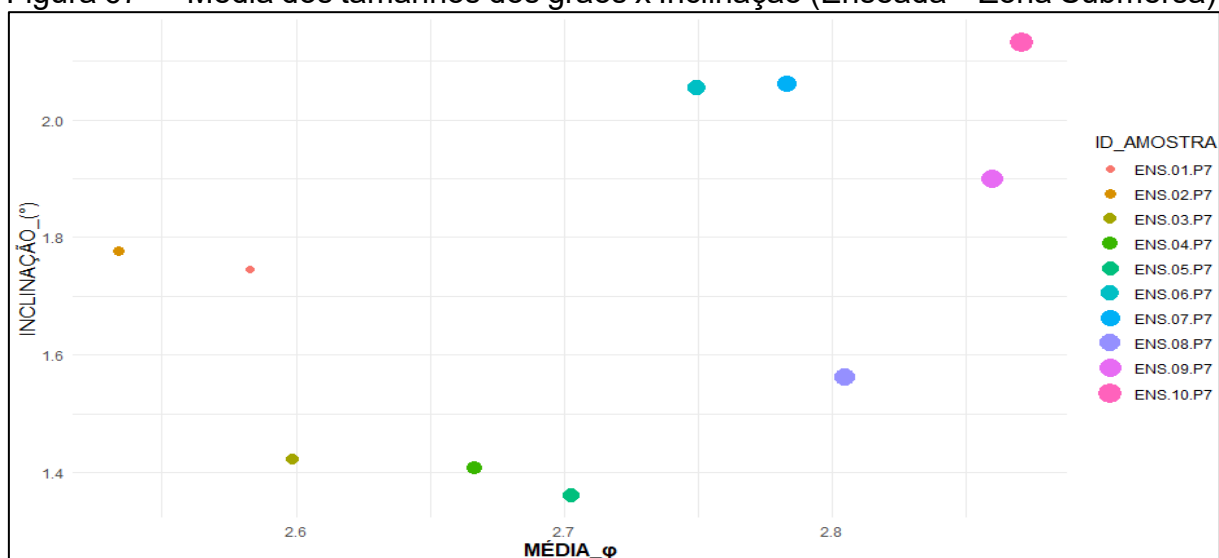
Figura 66 — Coef. Correl. Tamanho de Grãos x Inclinação (Enseada -Zona Emersa)



Fonte: Autor.

A relação das médias do tamanho dos grãos na praia da Enseada – Zona Submersa (Guarujá – SP) com média das inclinações de seus perfis, indicaram uma tendência de maior empilhamento de grãos mais finos a partir dos perfis ENS.06 ao ENS.10 (Figura 67), esse aumento de grãos finos também foi observado ao compor as matrizes de comparação dos parâmetros morfotexturais a cada campanha.

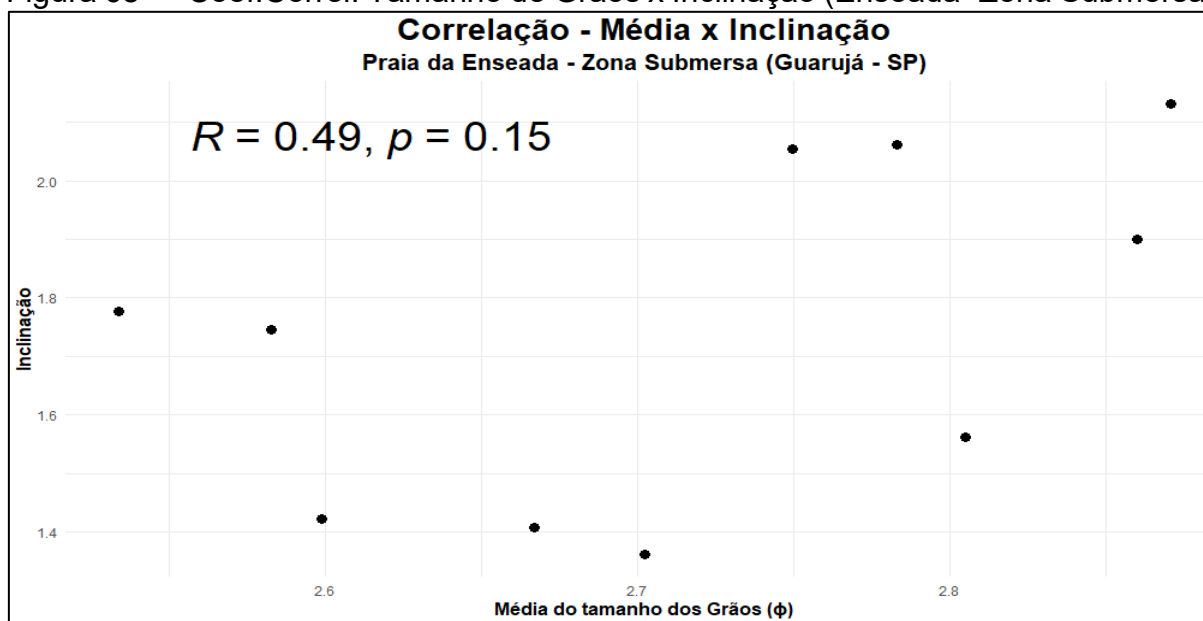
Figura 67 — Média dos tamanhos dos grãos x Inclinação (Enseada – Zona Submersa)



Fonte: Autor.

O valor do coeficiente de correlação encontrado praia da Enseada – Zona Submersa (Guarujá – SP) foi de 0.49 (Figura 68), ou seja, uma correlação positiva, indicando que os grãos de sedimento com valores mais altos de (Fi) (mais finos) estão permanecendo em perfis mais íngremes.

Figura 68 — Coef. Correl. Tamanho de Grãos x Inclinação (Enseada -Zona Submersa)

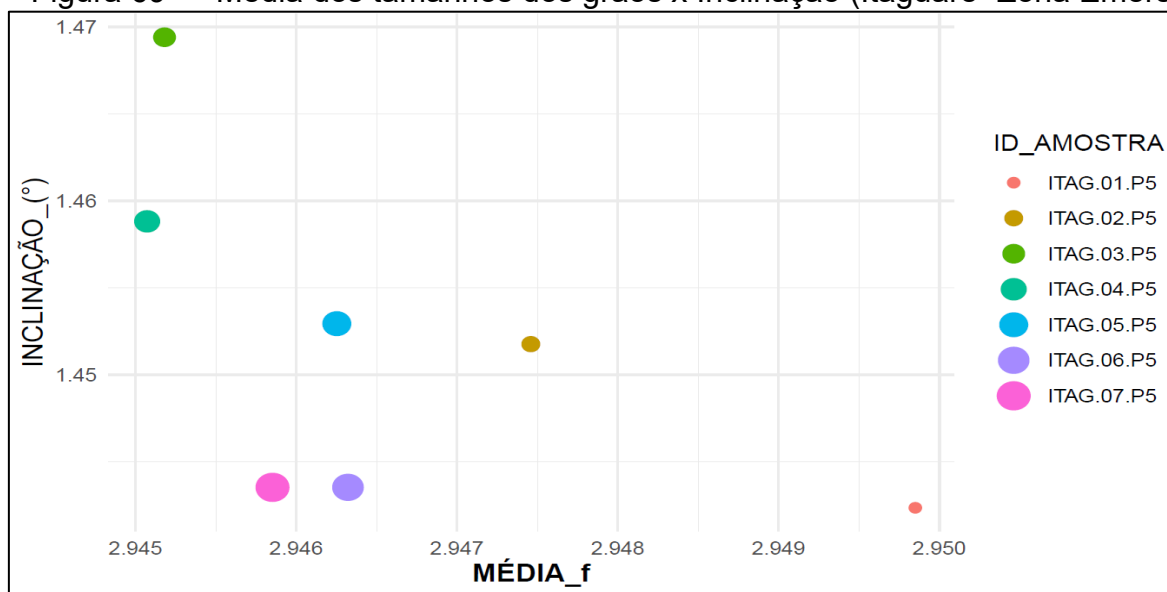


Fonte: Autor.

A coeficiente de correlação de Pearson encontrado ao relacionar as médias do tamanho dos grãos da praia do Itaguapé (Bertioga -SP) com média das inclinações de seus perfis (Figura 69) foi aproximadamente - 0,60, onde indica que a correlação entre as duas variáveis é negativa, portanto, quando uma variável aumenta a outra diminui.

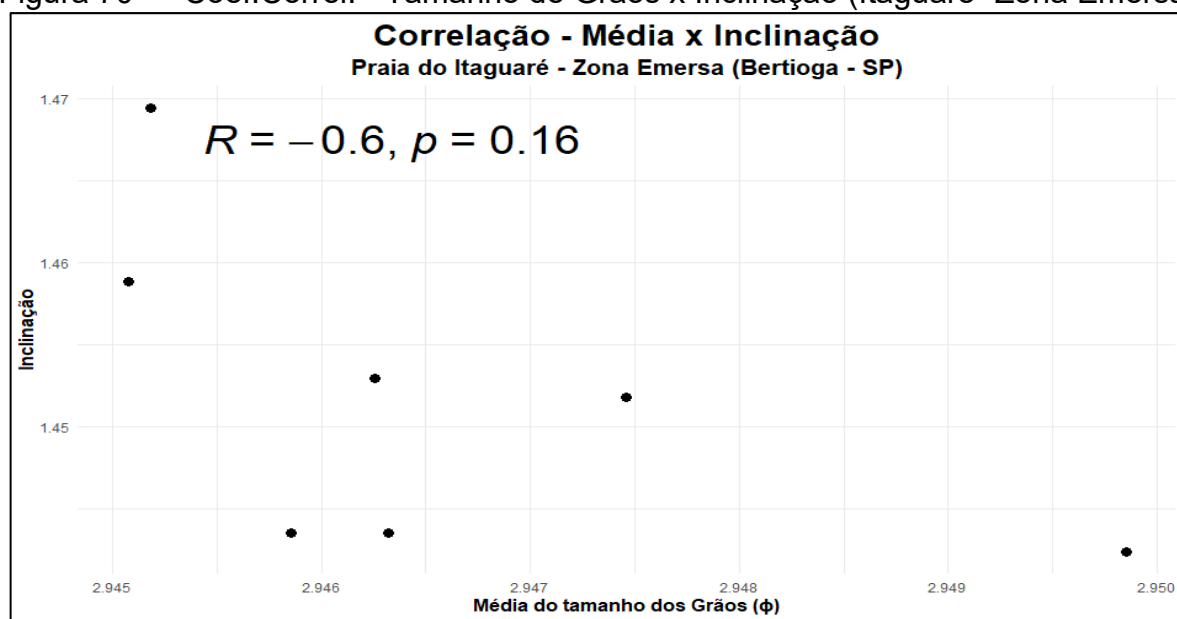
O valor de coeficiente para a praia do Itaguapé (Bertioga -SP) (Figura 70) mostra uma correlação, mas não é forte quanto ao da praia da Enseada (Guarujá – SP), pois alguns perfis apresentaram grãos classificados como mais finos tanto com alta declividade, como de baixa declividade.

Figura 69 — Média dos tamanhos dos grãos x Inclinação (Itaguapé- Zona Emersa)



Fonte: Autor.

Figura 70 — Coef. Correl. - Tamanho de Grãos x Inclinação (Itaguapé- Zona Emersa)



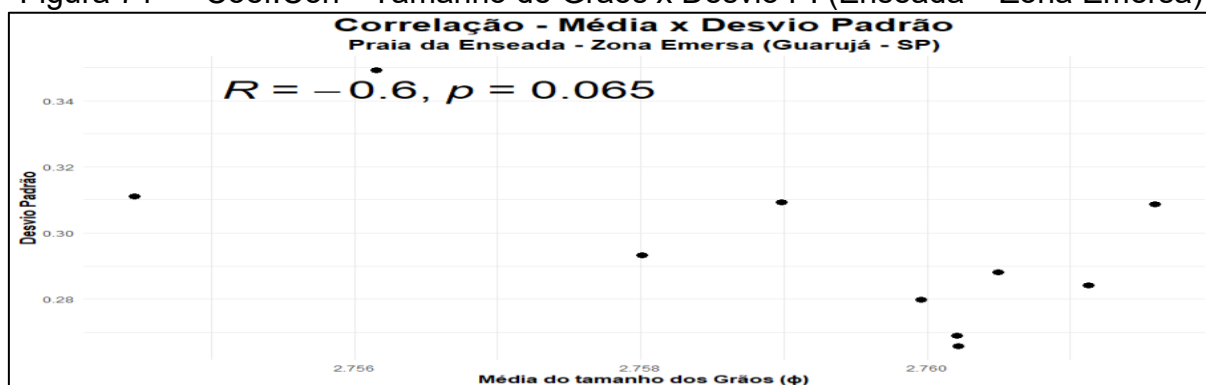
Fonte: Autor.

5.3 Desvio Padrão

Em todos os perfis da praia da Enseada - Zona Emersa (Guarujá – SP) (Tabela 25) houve uma predominância de grãos classificados de “Bem Seleccionados” à “Muito bem seleccionados”, assim como na Zona Submersa, indicando que não houve grande variação para as medidas de dispersão nos tamanhos dos grãos para essa praia.

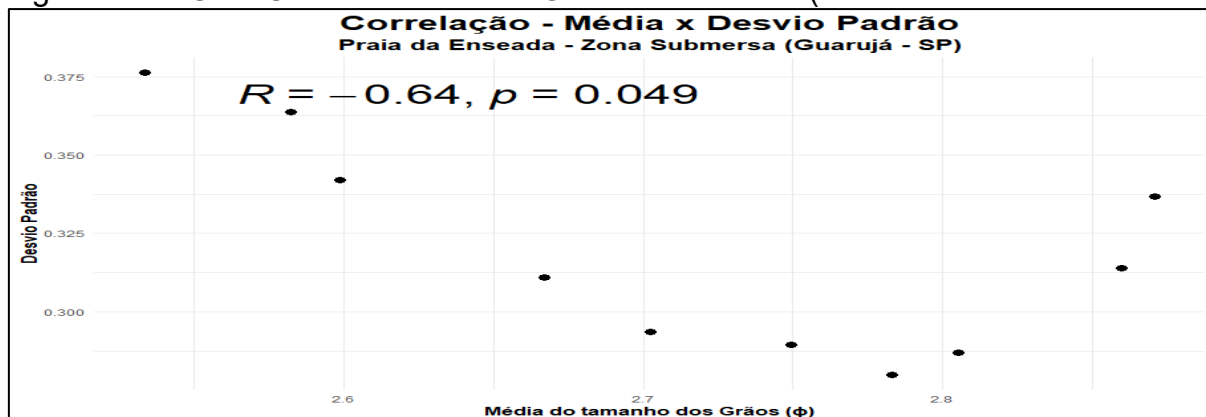
Devido à baixa variação de medidas de dispersão, observou uma pequena correlação das médias do tamanho dos grãos com o desvio padrão ao longo das campanhas. Conforme a média do tamanho dos grãos em escala de (Fi) (mais finos) aumenta, os valores de desvio padrão diminuem, isso foi observado nos gráficos de correlação – Zona Emersa (Figura 71) e Zona Submersa (Figura 72), com valores de coeficiente de correlação de aproximadamente - 0,6.

Figura 71 — Coef.Corr - Tamanho de Grãos x Desvio P. (Enseada – Zona Emersa)



Fonte: Autor.

Figura 72 — Coef.Corr - Tamanho de Grãos x Desvio P. (Enseada – Zona Submersa)



Fonte: Autor.

Tabela 25 — Grau de seleção do sedimento pelo desvio padrão – Praia da Enseada – Zona Emersa (Guarujá -SP).

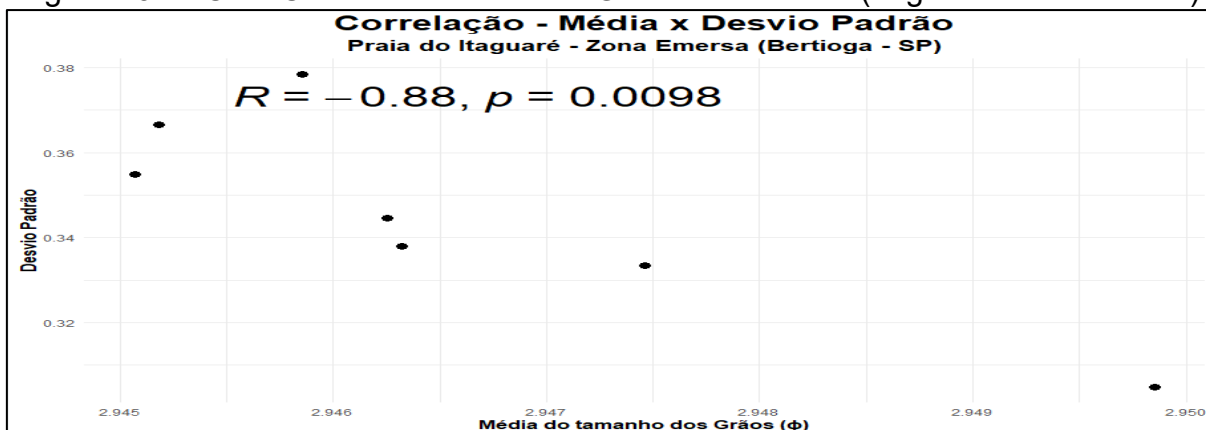
Perfil	C1	C2	C3	C4	C5	C6	C7	C8	C9	C10	C11	C12	C13
ENS.01.	0,5036	0,3188	0,2876	0,2886	0,2875	0,3171	0,2643	0,3066	0,3548	0,2630	0,2974	0,2726	0,2817
	MS	MBS	MBS	MBS	MBS	MBS	MBS	MBS	BS	MBS	MBS	MBS	MBS
ENS.02.	0,3951	0,3470	0,4362	0,3240	0,3646	0,3528	0,3414	0,3617	0,3346	0,3248	0,3412	0,2982	0,3176
	BS	MS	BS	MBS	BS	BS	MBS	BS	MBS	MBS	MBS	MBS	MBS
ENS.03.	0,3234	0,3021	0,3189	0,2603	0,3283	0,2692	0,2552	0,2685	0,3048	0,2862	0,3065	0,2825	0,3069
	MBS	MBS	MBS	MBS	MBS	MBS	MBS	MBS	MBS	MBS	MBS	MBS	MBS
ENS.04.	0,3646	0,3523	0,4426	0,3085	0,2790	0,2671	0,2728	0,2720	0,2745	0,3127	0,3521	0,2740	0,2476
	MBS	BS	BS	MBS	MBS	MBS	MBS	MBS	MBS	MBS	BS	MBS	MBS
ENS.05.	0,2929	0,2554	0,3408	0,2268	0,2528	0,2309	0,2431	0,2534	0,2791	0,2913	0,2821	0,2374	0,2694
	MBS	MBS	MBS	MBS	MBS	MBS	MBS	MBS	MBS	MBS	MBS	MBS	MBS
ENS.06.	0,3047	0,3250	0,3364	0,2532	0,2769	0,2472	0,2486	0,2912	0,2607	0,2702	0,2864	0,3069	0,2291
	MBS	MBS	MBS	MBS	MBS	MBS	MBS	MBS	MBS	MBS	MBS	MBS	MBS
ENS.07.	0,2829	0,2355	0,2700	0,2582	0,2750	0,2876	0,2495	0,2669	0,2757	0,2344	0,2798	0,3238	0,2559
	MBS	MBS	MBS	MBS	MBS	MBS	MBS	MBS	MBS	MBS	MBS	MBS	MBS
ENS.08.	0,3002	0,3481	0,2896	0,2554	0,2986	0,2733	0,2772	0,2790	0,3117	0,2680	0,2859	0,2978	0,2622
	MBS	MBS	MBS	MBS	MBS	MBS	MBS	MBS	MBS	MBS	MBS	MBS	MBS
ENS.09.	0,02785	0,2954	0,2709	0,2839	0,2901	0,3072	0,2484	0,2848	0,3015	0,2713	0,2928	0,2994	0,2691
	MBS	MBS	MBS	MBS	MBS	MBS	MBS	MBS	MBS	MBS	MBS	MBS	MBS
ENS.10.	0,2986	03187	0,3171	0,3041	0,2973	0,3092	0,3079	0,3200	0,3310	0,3007	0,2997	0,3066	0,3021
	MBS	MBS	MBS	MBS	MBS	MBS	MBS	MBS	MBS	MBS	MBS	MBS	MBS

Fonte: Autor. Legenda: MBS (Muito bem selecionado), BS (Bem selecionado), MS (Moderadamente selecionado)

Nos perfis da praia do Itaguapé - Zona Emersa (Bertioga – SP) (Tabela 26) houve uma maior diversificação quanto a dispersão das medidas do tamanho de grãos, classificando-os desde “Muito bem selecionados” a “Moderadamente selecionados”.

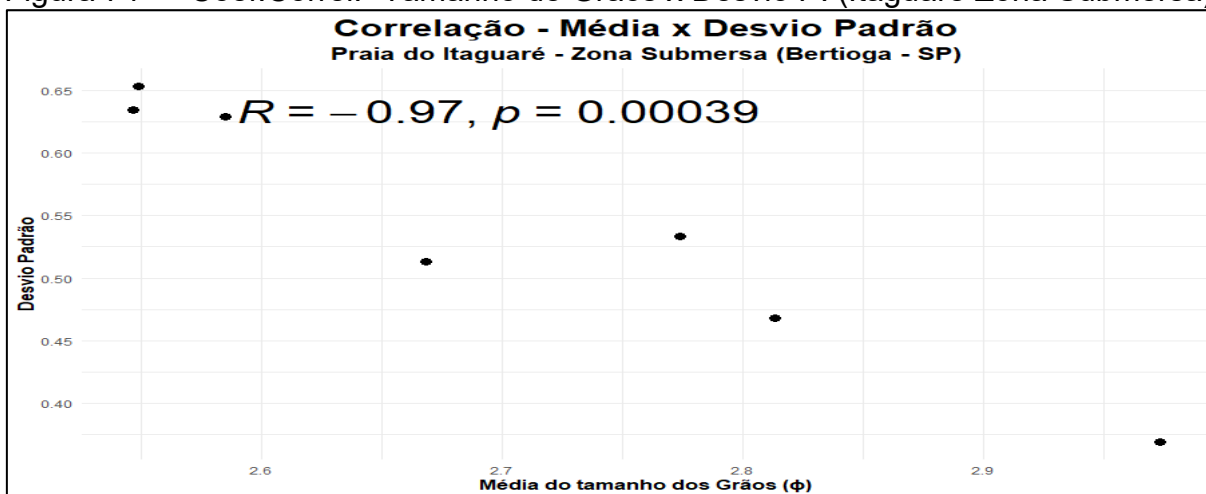
Observou -se uma maior correlação das médias do tamanho dos grãos com o desvio padrão ao longo das campanhas, ou seja, conforme a média do tamanho dos grãos em escala de (Fi) (mais finos) aumenta, os valores de desvio padrão diminuem, isso foi observado nos gráficos de correlação da Zona Emersa (Figura 73) com o valor de - 0,88 e da Zona Submersa (Figura 74) com valor de – 0,97.

Figura 73 — Coef.Correl. - Tamanho de Grãos x Desvio P. (Itaguapé Zona Emersa)



Fonte: Autor.

Figura 74 — Coef.Correl. -Tamanho de Grãos x Desvio P. (Itaguapé Zona Submersa)



Fonte: Autor.

Tabela 26 — Grau de seleção do sedimento pelo desvio padrão – Praia do Itaguapé (Bertioga -SP)

Perfil	C1	C2	C3	C4	C5	C6	C7	C8	C9	C10	C11	C12	C13
ENS.01.	0,3139	0,2883	0,2477	0,3084	0,3137	0,3200	0,3100	0,3112	0,3075	0,3174	0,3189	0,3266	0,2790
	MBS	MBS	MBS	MBS	MBS	MBS	MBS	MBS	MBS	MBS	MBS	MBS	MBS
ENS.02.	0,3433	0,3351	0,3168	0,3218	0,3078	0,3203	0,4574	0,3182	0,3162	0,3182	0,3163	0,2918	0,3711
	MBS	MBS	MBS	MBS	MBS	MBS	BS	MBS	MBS	MBS	MBS	MBS	BS
ENS.03.	0,3647	0,3487	0,3195	0,3179	0,3091	0,3218	0,6228	0,3333	0,3400	0,4266	0,3186	0,3508	0,3913
	BS	MBS	MBS	MBS	MBS	MBS	MS	MBS	MBS	BS	MBS	BS	BS
ENS.04.	0,3884	0,3164	0,3860	0,3910	0,3098	0,3170	0,4786	0,3514	0,3683	0,3195	0,3228	0,3143	0,3500
	BS	MBS	BS	MBS	MBS	MBS	BS	BS	BS	MBS	MBS	MBS	BS
ENS.05.	0,3878	0,3515	0,3426	0,3512	0,3173	0,3175	0,3474	0,3542	0,3607	0,3866	0,3226	0,3185	0,3212
	BS	BS	MBS	BS	MBS	MBS	MBS	MBS	BS	BS	MBS	MBS	MBS
ENS.06.	0,3224	0,3604	0,3239	0,3141	0,2894	0,3165	0,3817	0,3388	0,3475	0,3266	0,3859	0,3498	0,3366
	MBS	BS	MBS	MBS	MBS	MBS	BS	MBS	MBS	MBS	BS	MBS	MBS
ENS.07.	0,3765	0,3268	0,3396	0,3169	0,3176	0,3226	0,4013	0,3655	0,4788	0,5282	0,3739	0,4505	0,3204
	BS	MBS	MBS	MBS	MBS	MBS	BS	BS	BS	MS	BS	BS	MBS

Fonte: Autor (2023).

Legenda: MBS (Muito bem selecionado), BS (Bem selecionado), MS (Moderadamente selecionado).

5.4 Assimetria

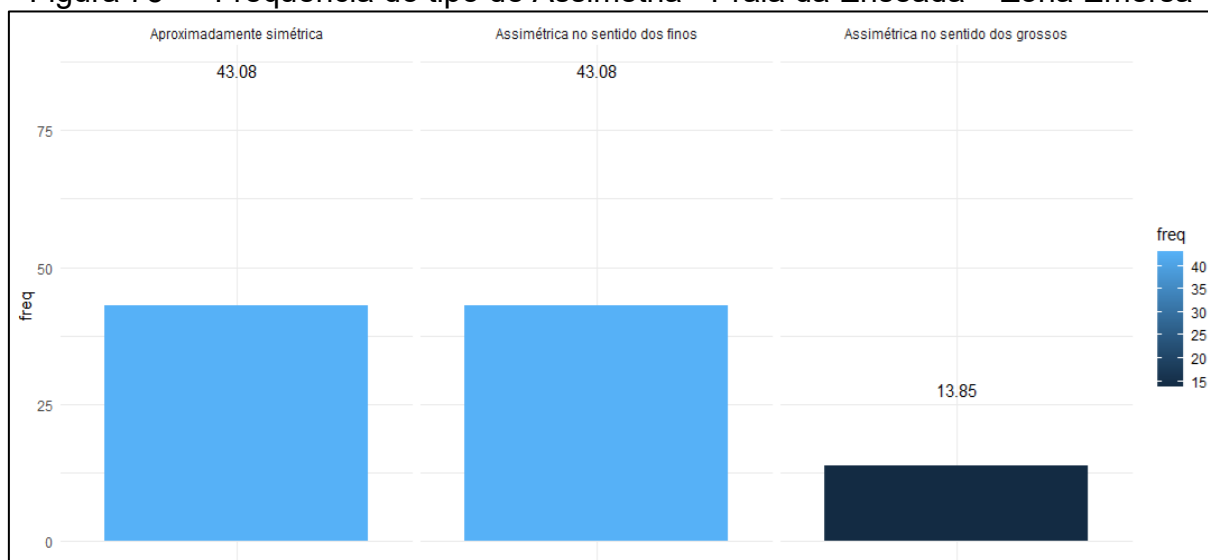
Conforme Suguio (1973), a assimetria é uma medida da tendência dos dados de se dispersarem de um ou do outro lado da média. O sinal negativo (-) indica tendência de grãos mais grossos, ou seja, houve remoção de partículas finas, característico de zonas litorâneas, enquanto o sinal positivo (+) indica acumulação de sedimentos finos (deposição).

Nos perfis da praia da Enseada – Zona Emersa (Guarujá – SP) foram encontrados valores de assimetria de negativa a positiva variando em cada perfil, onde indica que houve tanto a remoção de partículas finas e acumulação de sedimentos nos perfis.

Analisando o banco de dados gerados pelo programa GEOGRAIN 1.0, a classificação da assimetria nos perfis de todas as campanhas (Figura 75), foram encontrados 13,85% de assimetria negativa (sentido dos grossos), 43,08% de aproximadamente simétrica e 43,08% de assimetria positiva (sentido dos finos).

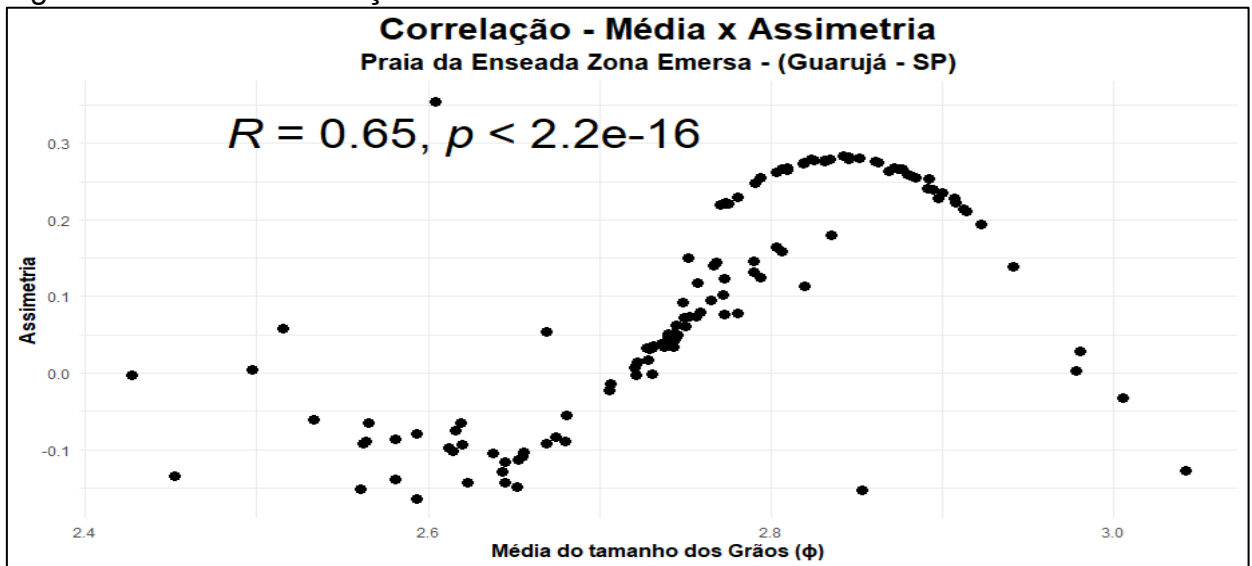
Essa tendência de acumulação de finos pode ser proveniente da erosão de dunas durante a flutuação da maré em períodos de maré de sizígia, fornecendo deste modo o material ao ambiente da praia. Conforme observado no gráfico de correlação (Figura 76), o valor de coeficiente foi de aproximadamente 0,65, o que demonstra uma correlação positiva entre os parâmetros médios do tamanho dos grãos e a assimetria.

Figura 75 — Frequência do tipo de Assimetria - Praia da Enseada – Zona Emersa



Fonte: Autor

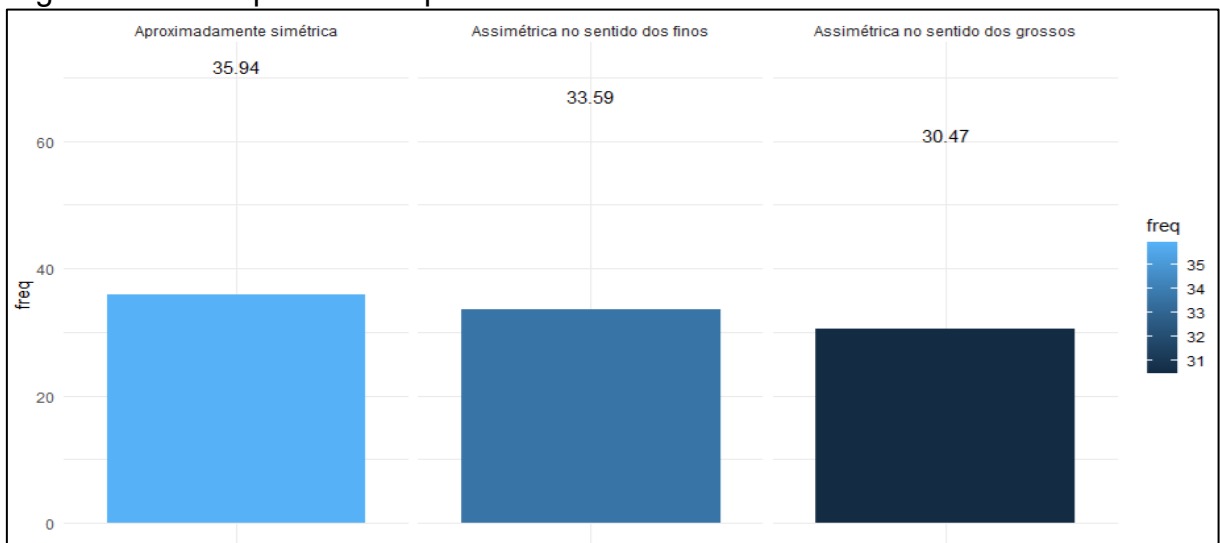
Figura 76 — Coef. Correlação. Média x Assimetria – Praia da Enseada – Zona Emersa



Fonte: Autor.

Nos perfis da praia da Enseada – Zona Submersa (Guarujá – SP) foram encontrados valores bem distribuídos de assimetria de negativa a positiva, indicando que houve regiões que ocorreram a remoção de partículas finas, transporte e acúmulo de sedimentos entre os perfis. Analisando a classificação da assimetria nos perfis de todas as campanhas (Figura 77), foram encontrados 30,47% de assimetria negativa (sentido dos grossos), 35,94% de aproximadamente simétrica e 33,59% de assimetria positiva (sentido dos finos).

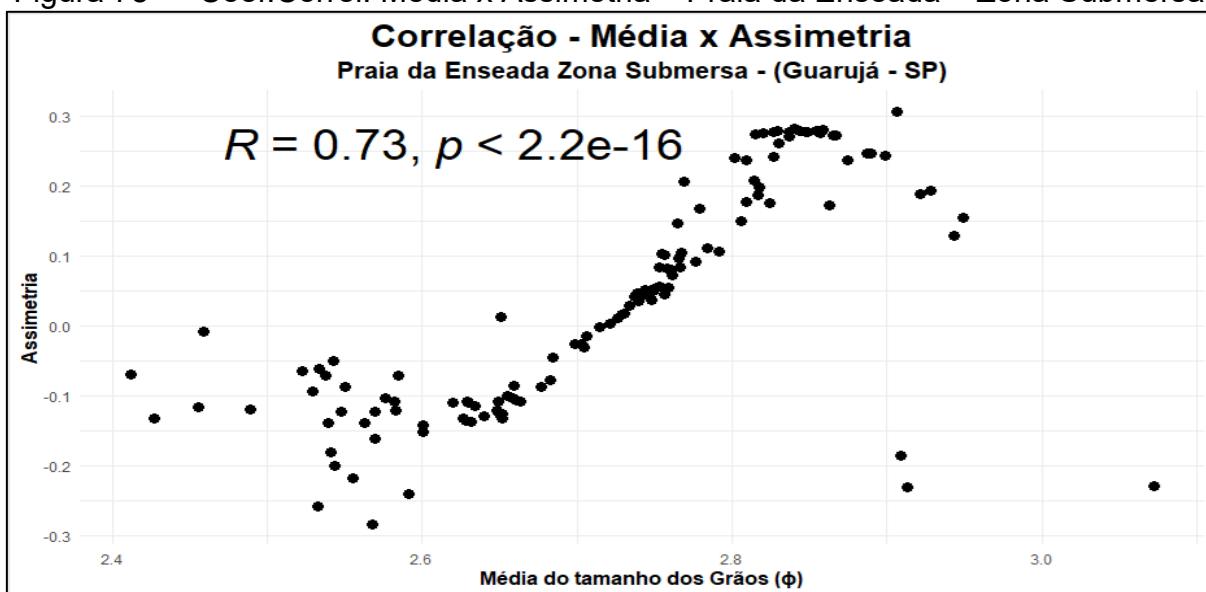
Figura 77 — Frequência do tipo de Assimetria - Praia da Enseada – Zona Submersa



Fonte: Autor.

Conforme observado no gráfico de correlação (Figura 78), o valor de coeficiente foi de aproximadamente 0,73, o que demonstra uma correlação positiva entre os parâmetros médios do tamanho dos grãos e a assimetria.

Figura 78 — Coef. Correl. Média x Assimetria – Praia da Enseada – Zona Submersa



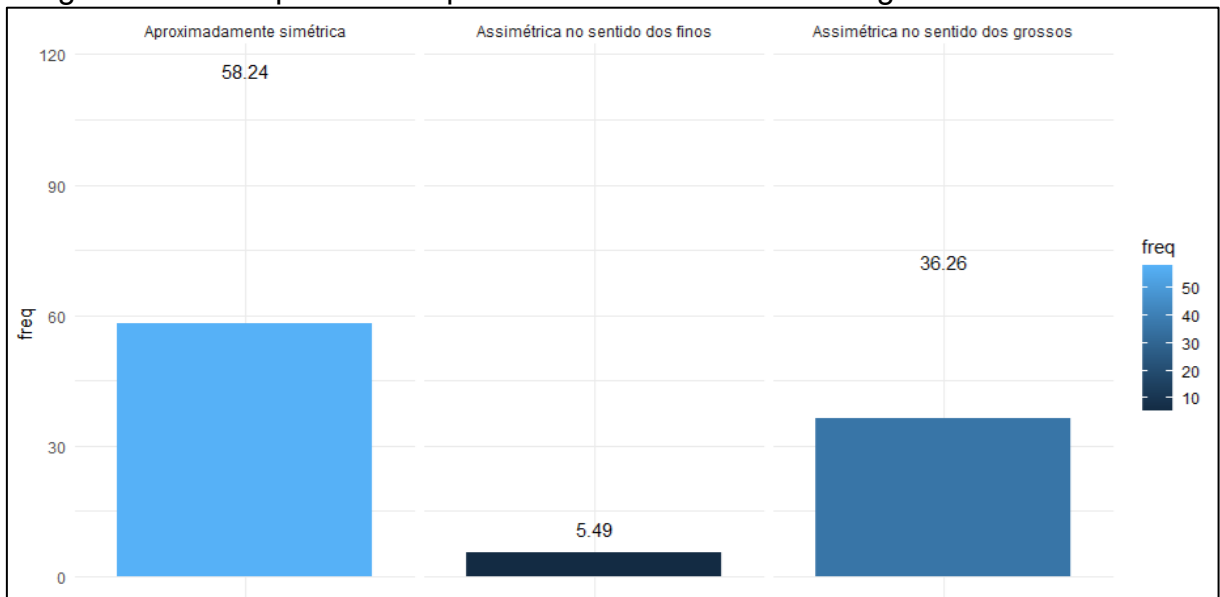
Fonte: Autor.

Nos perfis da praia de Itaguapé – Zona Emersa (Bertioga – SP) foram encontrados valores de assimetria variando de negativa a positiva em cada perfil, porém uma maior ocorrência de aproximadamente simétrica a negativamente assimétrica (sentido dos grossos) (Figura 79).

Analisando a classificação da assimetria nos perfis de todas as campanhas, foram encontrados 36,26% de assimetria negativa (sentido dos grossos), 58,24% de aproximadamente simétrica e 5,49% de assimetria positiva (sentido dos finos).

Ao comparar as Figuras 75 e 79, observa-se a diferença de energia das duas praias, a Praia de Itaguapé vem apresentando energias relativamente altas em relação a praia da Enseada, a remoção seletiva de partículas menores favorece a assimetria negativa (grãos mais grossos).

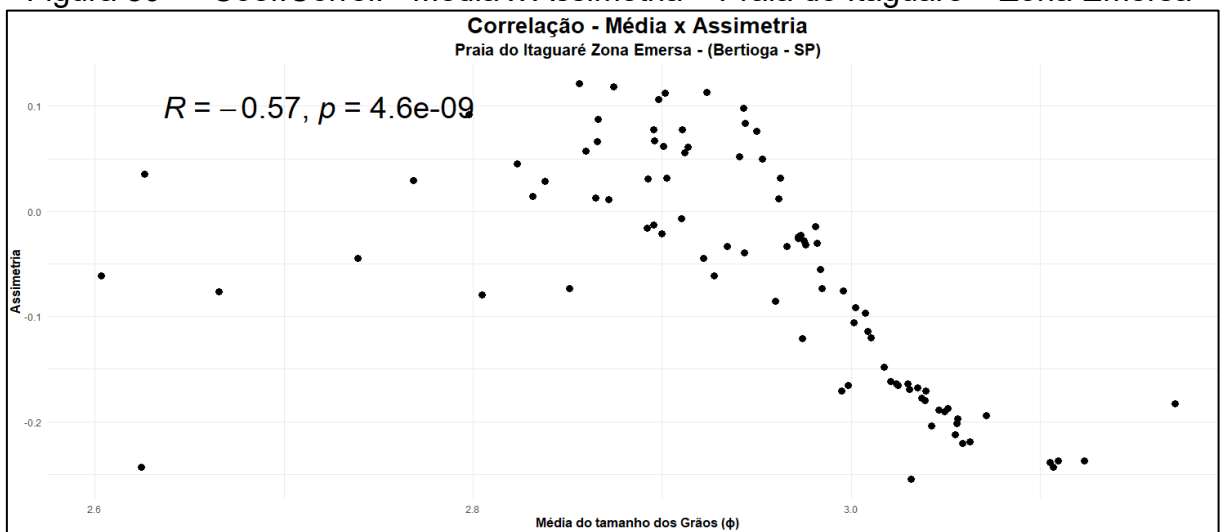
Figura 79 — Frequência do tipo de Assimetria - Praia do Itaguapé – Zona Emersa



Fonte: Autor.

Conforme observado no gráfico de correlação (Figura 80), o valor de coeficiente foi de aproximadamente - 0,60, o que demonstra uma correlação negativa entre os parâmetros médias do tamanho dos grãos e a assimetria nos perfis da Praia do Itaguapé – Zona Emersa. Isto pode significar que a praia possui mais energia, ou seja, as ondas e correntes tendem a apresentar assimetria negativa nos perfis, resultante da remoção de grãos mais finos.

Figura 80 — Coef. Correl. - Média x Assimetria – Praia do Itaguapé – Zona Emersa

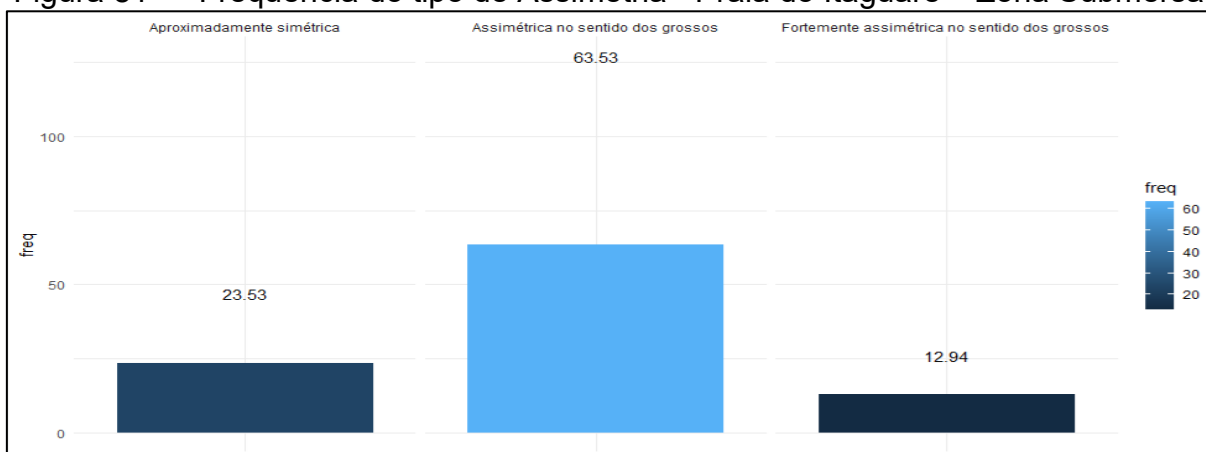


Fonte: Autor.

Nos perfis da Praia do Itaguapé – Zona Submersa (Bertioga – SP) predominaram classificações de aproximadamente simétrico à assimétrica negativa, com uma maior ocorrência de negativamente assimétrica, apesar de não apresentar uma correlação negativa como o da zona Emersa, o valor baixo de correlação vem indicando que não tendência de depósitos de finos.

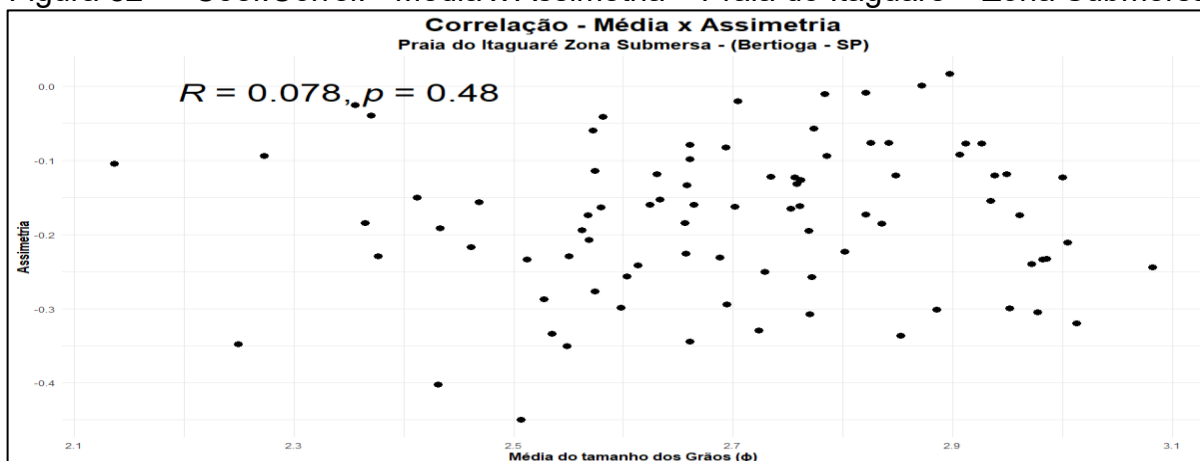
Analisando o conjunto de resultados da classificação da assimetria nos perfis (Figura 81), foram encontrados 12,94% de fortemente assimétrica no sentido dos grossos, 23,53% de aproximadamente simétrica e 63,53% de assimetria negativa (sentido dos grossos), com coeficiente de correlação de 0,078 (Figura 82). Essa maior tendência de sedimentos mais grossos na zona submersa pode comprovar a diferença de energia entre as duas praias.

Figura 81 — Frequência do tipo de Assimetria - Praia do Itaguapé – Zona Submersa



Fonte: Autor.

Figura 82 — Coef. Correl. - Média x Assimetria – Praia do Itaguapé – Zona Submersa

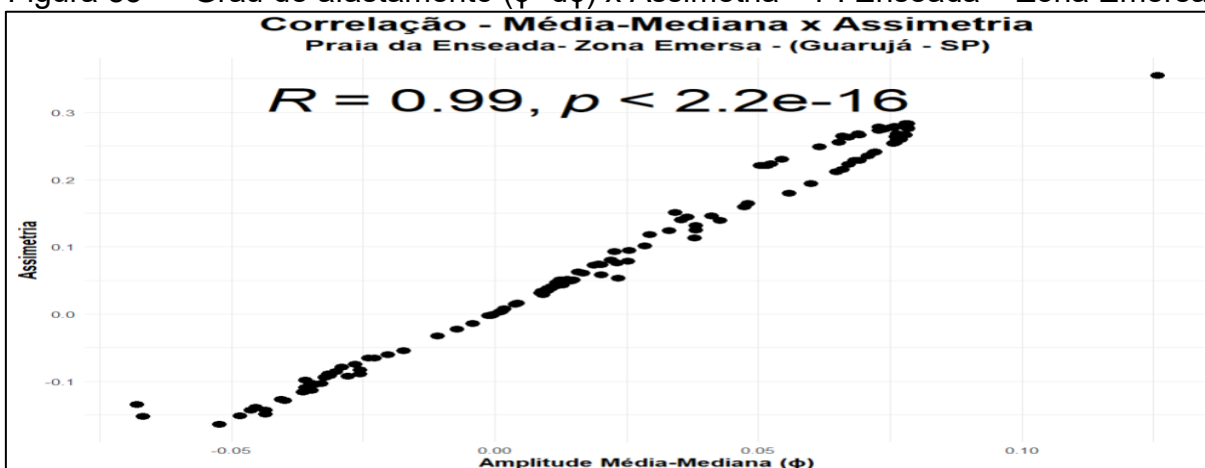


Fonte: Autor.

Conforme Suguio (1973), duas ou mais curvas de distribuição podem ter a mesma granulometria média e o mesmo grau de dispersão, porém podem ter graus de assimetria diferentes. Assim, é necessário ter uma medida de tendência dos dados de se dispersarem em relação média, por meio da comparação da média com a mediana, que pode ocorrer a direita ($M_\phi > M_{D\phi}$) ou esquerda ($M_\phi < M_{D\phi}$).

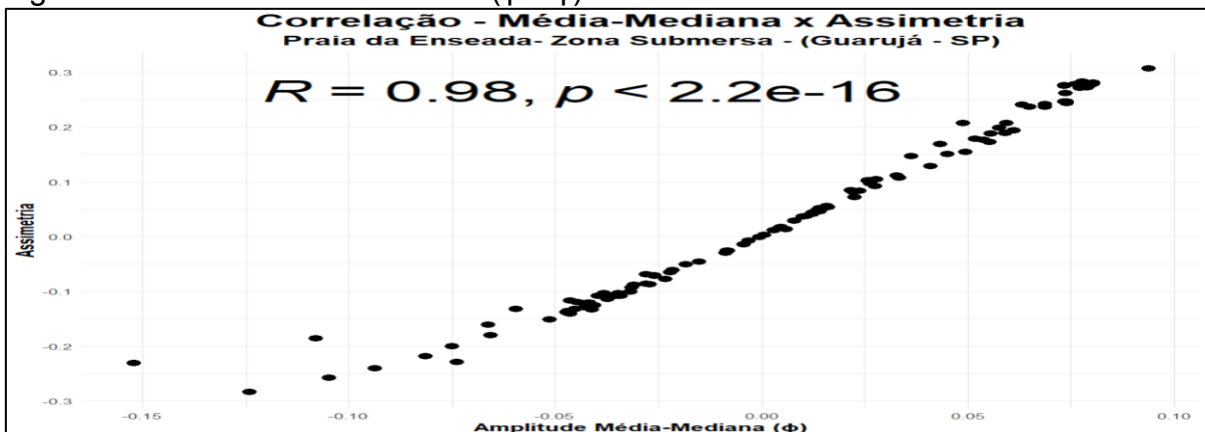
Ao correlacionar o grau de afastamento do diâmetro médio da mediana, ou seja, o valor da amplitude, com os resultados da assimetria, observou-se respectivamente valores de coeficiente de correlação $R=0,99$ e $R= 0,98$ para as curvas de distribuição nos perfis da praia da Enseada- Zona Emersa (Figura 83) e Zona Submersa (Figura 84), indicando boa correspondência do grau de afastamento do diâmetro médio da mediana com a assimetria.

Figura 83 — Grau de afastamento ($\phi - d\phi$) x Assimetria – P. Enseada – Zona Emersa



Fonte: Autor.

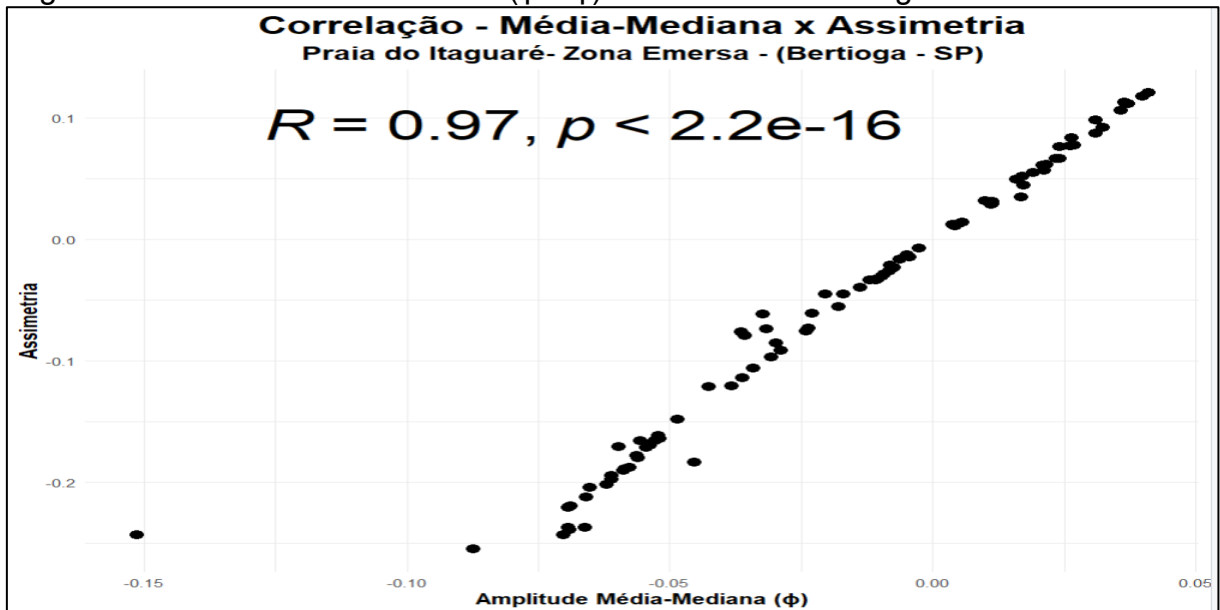
Figura 84 — Grau de afastamento ($\phi - d\phi$) x Assimetria – P.Enseada – Zona Submersa



Fonte: Autor.

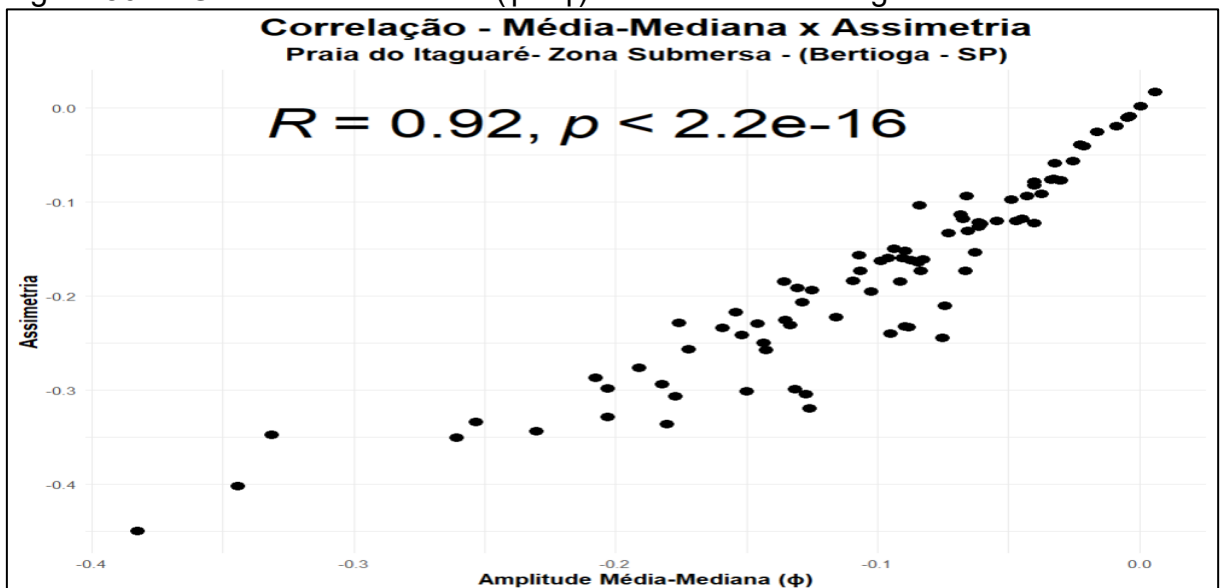
Assim como foi observado os valores de coeficiente de correlação, $R=0,97$ e $R= 0,92$ respectivamente para as curvas de distribuição nos perfis da praia do Itaguapé- Zona Emersa (Figura 85) e Zona Submersa (Figura 86), indicando também boa correspondência do grau de afastamento do diâmetro médio da mediana com a assimetria.

Figura 85 — Grau de afastamento ($\phi - d\phi$) x Assimetria – P. Itaguapé – Zona Emersa



Fonte: Autor.

Figura 86 — Grau de afastamento ($\phi - d\phi$) x Assimetria – P.Itaguapé – Zona Submersa



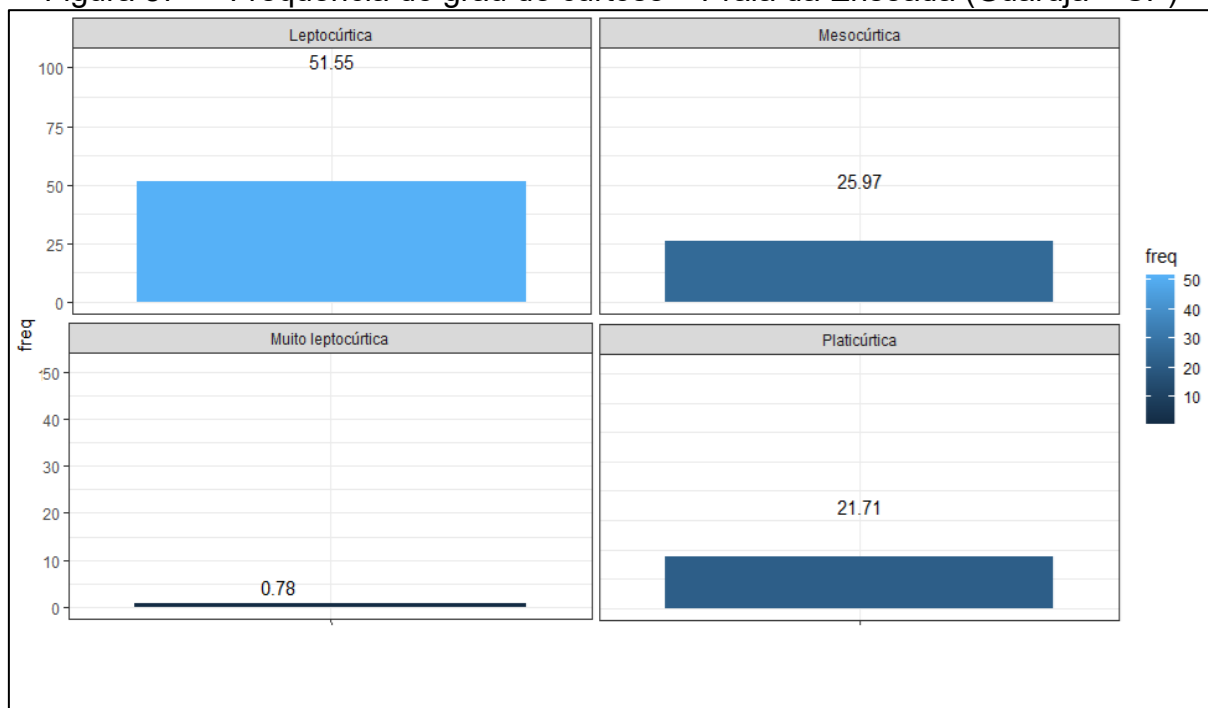
Fonte: Autor.

5.5 Curtose

A curtose (KG) ou Curtose Gráfica conforme Folk e Ward (1957), indica o quão estreita ou alongada é uma curva de distribuição, onde as curvas mais estreitas denominadas platicúrticas refletem misturas de várias classes sedimentares, o pico mais alongado na curva de distribuição, denominadas leptocúrticas denota melhor grau de seleção da amostra.

Segundo Folk e Ward (1957), os limites de classificação para curtose são: muito platicúrtica ($< 0,67$), platicúrtica ($0,67 - 0,90$), mesocúrtica ($0,90 - 1,11$), leptocúrtica ($1,11 - 1,50$), muito leptocúrtica ($1,50 - 3,00$) e extremamente leptocúrtica ($>3,00$). Analisando os dados de todas as campanhas da praia da Enseada – Zona Emersa e Zona Submersa (Guarujá – SP) foram encontrados 51,55% de curvas leptocúrticas, 25,97% de curvas mesocúrticas, 21,71% de curvas platicúrticas e 0,78 % de curvas muito leptocúrticas (Figura 87).

Figura 87 — Frequência do grau de curtose – Praia da Enseada (Guarujá – SP)

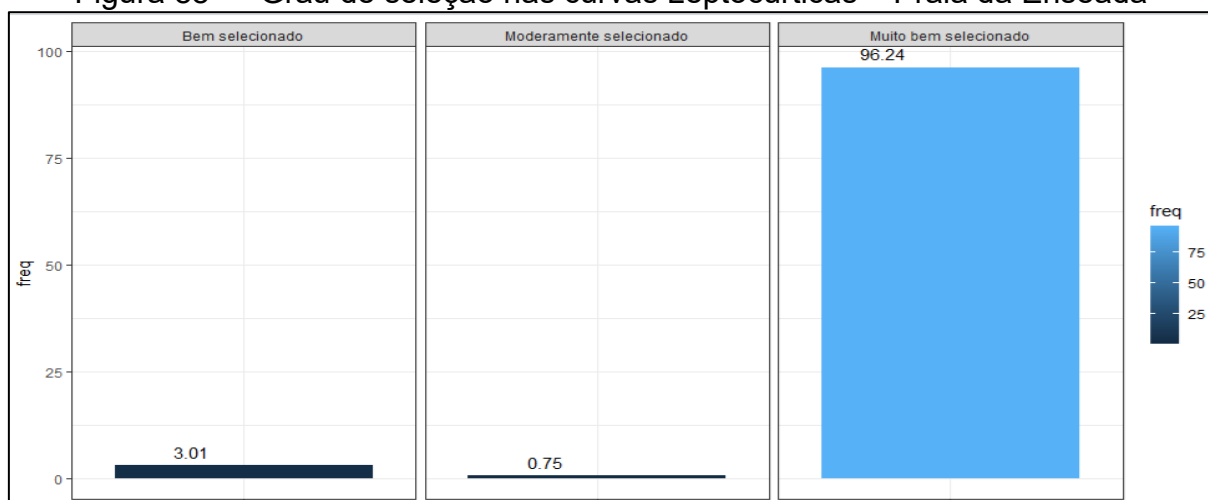


Fonte: Autor.

A predominância de curvas leptocúrticas coincidem com os perfis que apresentaram melhor grau de seleção classificados pelo programa GEOGRAIN 1.0.

Entre as curvas leptocúrticas encontradas, 96,24% foram classificadas como “Muito bem selecionado” (Figura 88), indicando que os resultados produzidos pelo programa GEOGRAIN 1.0 condiz com o critério de classificação proposto por Folk & Ward (1957).

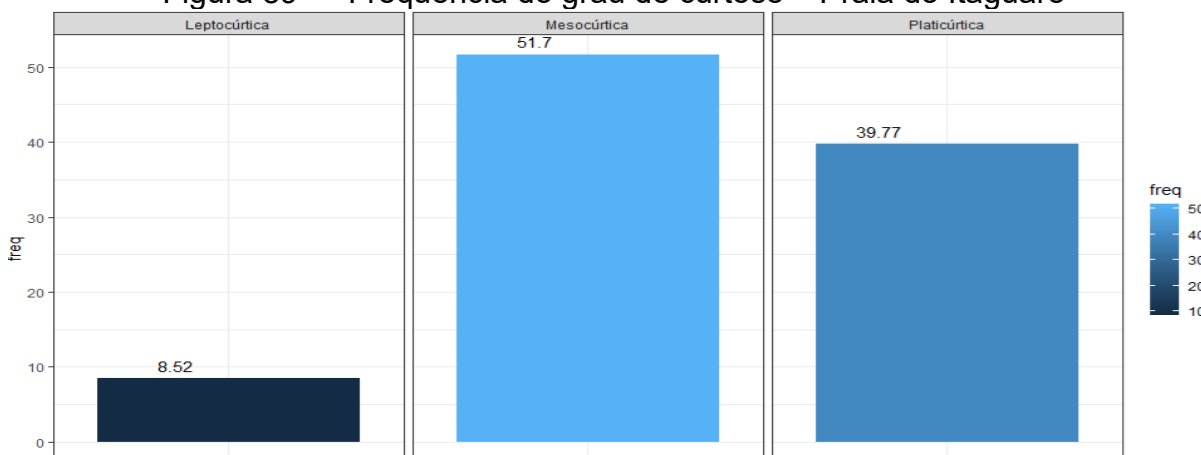
Figura 88 — Grau de seleção nas curvas Leptocúrticas – Praia da Enseada



Fonte: Autor.

Analisando os dados de todas as campanhas da praia do Itaguapé – Zona Emersa e Zona Submersa (Bertioga – SP), foram encontrados 8,5% de curvas leptocúrticas, 51,7% de curvas mesocúrticas e 39,7% de curvas platicúrticas (Figura 89).

Figura 89 — Frequência do grau de curtose – Praia do Itaguapé



Fonte: Autor.

Entre as curvas mesocúrticas encontradas, 51,65 % foram classificadas como “bem selecionado” e 38,46 % como “Moderadamente bem selecionado”, isso denota que as curvas mesocúrticas apresentaram menor grau de classificação do tipo “Muito bem selecionado” com 9,89%, conforme (Figura 90), indicando também que os resultados produzidos pelo programa GEOGRAIN 1.0 condizem com o critério de classificação proposto por Folk & Ward (1957).

Figura 90 — Grau de seleção nas curvas Mesocúrticas – Praia do Itaguare



Fonte: Autor.

Os parâmetros de análise estatísticas calculados e classificados pelo programa GEOGRAIN 1.0 com base em dados da curva de distribuição granulométrica das amostras analisadas, demonstraram ter boa correlação quando comparados entre si.

Os resultados dos cálculos estatísticos propostos pelo equacionamento de Folk & Ward (1957) parecem estar coerentes com os critérios de classificações inseridas no programa GEOGRAIN 1.0.

Em virtude da quantidade de amostras e do grande número de operações matemáticas envolvidas nos cálculos e que isso acarreta enorme dispêndio de tempo, o uso do programa para avaliar o grau de dispersão das frequências granulométricas visa contribuir de forma rápida a base para determinação dos indicadores de erosão.

5.6 Aspectos Técnicos de Performance das Ferramentas

Durante a etapa de automatização do formulário analítico foi possível observar a grande capacidade de armazenamento da série de dados de amostras de sedimentos atribuídas aos perfis das praias neste estudo.

O uso dos registros analíticos por meio frames de entrada do Userform do VBA em Excel, permitiu organizar, processar e analisar grandes quantidades de dados.

A possibilidade de o usuário exportar os dados referentes a cada amostra e seus parâmetros analíticos para o programa que determina os parâmetros estatísticos, parece ser eficiente quanto à organização, processamento e análise de grandes quantidades de dados coletados e gerados.

5.6.1 Performance da Ferramenta GRANSED

Para apresentar os aspectos técnicos de performance do formulário GRANSED conforme o Quadro 8, foram listados os resultados alcançados antes e depois da aplicação da ferramenta, por meio dos indicadores observados para cada etapa do processo.

As etapas envolveram as rotinas de registros e armazenamento das informações analíticas sobre as amostras de sedimento, como os dados de identificação, data de realização da análise granulométrica e dos parâmetros analíticos referentes a caracterização e distribuição dos grãos de sedimentos.

Quadro 8 — Indicadores de Performance do “GRANSED”

Etapas do processo	Indicador observado	Antes da aplicação da ferramenta	Após a aplicação da ferramenta
Registros dos dados analíticos	Consumo de folha A4 para 442 amostras	884 folhas	“Zero Papel”
Cálculo dos tempos de Sedimentação	Tempo gasto para 442 amostras	15 a 20 dias	22 minutos 3 segundos / amostra
Tratamento dos dados analíticos	Tempo gasto para 442 amostras	20 a 25 dias	15 minutos 2 segundos / amostra
Análise crítica dos resultados	Tempo gasto para 442 amostras	15 a 20 dias	7 minutos 1 segundo / amostra
Gestão dos registros	Uso de Recursos	Escritos estáticos armazenados em pastas e caixas	Banco de dados desenvolvido na própria ferramenta com uso de memória de 135 a 160 MB

Fonte: Autor.

5.6.2 Performance da Ferramenta GEOGRAIN 1.0

Para apresentar os aspectos técnicos de performance do programa GEOGRAIN 1.0 conforme o Quadro 9, foram listados os resultados alcançados antes e depois da aplicação da ferramenta computacional, por meio dos indicadores observados para cada etapa do processo.

As etapas envolveram as rotinas de transcrição dos resultados obtidos das análises de distribuição granulométrica, como os pesos retidos correspondente a cada faixa da distribuição dos grãos, da conversão dos tamanhos na escala de phi, dos percentuais de carbonatos e de matéria orgânica (%).

Na etapa dos cálculos estatísticos foram contabilizados os tempos de execução do comando “ESTATÍSTICA” com a declaração de variáveis ⁶ no VBA, para assim determinar os parâmetros texturais como: média, mediana, seleção (desvio padrão), assimetria, curtose, com base nos tamanhos na escala de phi para os percentis ($\phi 1$, $\phi 5$, $\phi 16$, $\phi 25$, $\phi 50$, $\phi 75$, $\phi 84$ e $\phi 95$).

A comando também realizou a descrição física do grupo de texturas ao qual a amostra pertence por meio de um relatório estatístico.

Quadro 9 — Indicadores de Performance do “GEOGRAIN 1.0”

Etapas do processo	Indicador observado	Antes da aplicação da ferramenta	Após a aplicação da ferramenta
Transcrição dos resultados da análise granulométrica (formulário analítico)	Tempo gasto para 442 amostras	15 a 20 dias	22 minutos 3 segundos / amostra
Determinação da curva acumulativa e histograma (massa retida)	Tempo gasto para 442 amostras	8 a 10 dias	7 minutos 1 segundo / amostra
Determinação dos parâmetros estatísticos e classificação textural	Tempo gasto para 442 amostras	20 a 25 dias	15 minutos 2 segundos / amostra
Relatório Estatístico	Tempo gasto para 442 amostras	8 a 10 dias	7 minutos 1 segundo / amostra
Arquivamento dos relatórios	Uso de Recursos	Escritos digitalizados e impressos armazenados em pastas e caixas	Salvamento automático em formato PDF, tamanho de 136 MB, submetido ao artifício em plataformas de nuvem

Fonte: Autor.

⁶ Ao declarar variáveis em linguagem VBA (Visual Basic for Applications), os cálculos automatizados processam o menor conjunto de dados possível, ou seja, processa os dados em "pedaços" em vez de carregá-los todos de uma vez, isso ajuda na performance e na precisão dos resultados, além de melhorar o uso de recurso de memória do computador.

5.7 Resultados da análise da tendência de transporte do sedimento

Conforme Suguio (1973), o grau de seleção e a assimetria dos sedimentos aumenta ou decresce conforme o sentido de transporte.

5.7.1 Sentido preferencial de transporte longitudinal – Praia da Enseada

Ao examinar todos os possíveis pares nos perfis ENS.01 a ENS.10 em ambos os sentidos, foram encontrados poucos números de tendências indicativas de transporte (Tabela 27). A aplicação do modelo de Mc Laren indicou que o transporte de sedimento nos perfis emersos da praia da Enseada (Guarujá – SP) não apresentaram sentido preferencial (Figura 91). Segundo Mc Laren e Bowles (1985), somente os casos que são FB - e GB+ com valores de $Z > 2,33$ (1% de nível de significância) e $Z > 1,65$ (5% de nível de significância), podem inferir sentido de transporte.

Tabela 27 — Número de tendências indicativas de transporte - Praia da Enseada

Campanha	Sentido (1-10) Indicativa FB -	Sentido (10-1) Indicativa FB -	Sentido (1-10) Indicativa GB +	Sentido (10-1) Indicativa GB +
ENS.C1	3	1	1	1
ENS.C2	5	8	1	5
ENS.C3	3	2	5	5
ENS.C4	1	0	0	4
ENS.C5	1	0	3	4
ENS.C6	0	1	2	6
ENS.C7	1	0	0	3
ENS.C8	0	0	0	9
ENS.C9	8	0	0	8
ENS.C10	4	1	0	1
ENS.C11	0	0	0	6
ENS.C12	0	0	0	9
ENS.C13	0	0	0	3

Fonte: Autor.

Figura 91 — Valores do Z-teste do modelo de Mc Laren – Praia da Enseda

DATA	PRAIA / SENTIDO / CAMPANHA	Z - TESTE FB-	HIPÓTESE PARA 1% DE SIGNIFICÂNCIA (FB-)	HIPÓTESE PARA 5% DE SIGNIFICÂNCIA (FB-)	Z - TESTE GB+	HIPÓTESE PARA 1% DE SIGNIFICÂNCIA (GB+)	HIPÓTESE PARA 5% DE SIGNIFICÂNCIA (GB+)
fev-18	ENS. sentido (1-10) C1	-1,18	Não há um sentido preferencial	Não há um sentido preferencial	-2,08	Não há um sentido preferencial	Não há um sentido preferencial
mai-18	ENS. sentido (1-10) C2	-0,28	Não há um sentido preferencial	Não há um sentido preferencial	-2,08	Não há um sentido preferencial	Não há um sentido preferencial
ago-18	ENS. sentido (1-10) C3	-1,18	Não há um sentido preferencial	Não há um sentido preferencial	-0,28	Não há um sentido preferencial	Não há um sentido preferencial
nov-18	ENS. sentido (1-10) C4	-2,08	Não há um sentido preferencial	Não há um sentido preferencial	-2,54	Não há um sentido preferencial	Não há um sentido preferencial
fev-19	ENS. sentido (1-10) C5	-2,08	Não há um sentido preferencial	Não há um sentido preferencial	-1,18	Não há um sentido preferencial	Não há um sentido preferencial
mai-19	ENS. sentido (1-10) C6	-2,54	Não há um sentido preferencial	Não há um sentido preferencial	-1,63	Não há um sentido preferencial	Não há um sentido preferencial
ago-19	ENS. sentido (1-10) C7	-2,08	Não há um sentido preferencial	Não há um sentido preferencial	-2,54	Não há um sentido preferencial	Não há um sentido preferencial
nov-19	ENS. sentido (1-10) C8	-2,54	Não há um sentido preferencial	Não há um sentido preferencial	-2,54	Não há um sentido preferencial	Não há um sentido preferencial
fev-20	ENS. sentido (1-10) C9	1,07	Não há um sentido preferencial	Não há um sentido preferencial	-2,54	Não há um sentido preferencial	Não há um sentido preferencial
ago-20	ENS. sentido (1-10) C10	-0,73	Não há um sentido preferencial	Não há um sentido preferencial	-2,54	Não há um sentido preferencial	Não há um sentido preferencial
nov-20	ENS. sentido (1-10) C11	-2,54	Não há um sentido preferencial	Não há um sentido preferencial	-2,54	Não há um sentido preferencial	Não há um sentido preferencial
fev-21	ENS. sentido (1-10) C12	-2,54	Não há um sentido preferencial	Não há um sentido preferencial	-2,54	Não há um sentido preferencial	Não há um sentido preferencial
mai-21	ENS. sentido (1-10) C13	-2,54	Não há um sentido preferencial	Não há um sentido preferencial	-2,54	Não há um sentido preferencial	Não há um sentido preferencial
fev-18	ENS. sentido (10-1) C1	-2,08	Não há um sentido preferencial	Não há um sentido preferencial	-2,08	Não há um sentido preferencial	Não há um sentido preferencial
mai-18	ENS. sentido (10-1) C2	1,07	Não há um sentido preferencial	Não há um sentido preferencial	-0,28	Não há um sentido preferencial	Não há um sentido preferencial
ago-18	ENS. sentido (10-1) C3	-1,63	Não há um sentido preferencial	Não há um sentido preferencial	-0,28	Não há um sentido preferencial	Não há um sentido preferencial
nov-18	ENS. sentido (10-1) C4	-2,54	Não há um sentido preferencial	Não há um sentido preferencial	-0,73	Não há um sentido preferencial	Não há um sentido preferencial
fev-19	ENS. sentido (10-1) C5	-2,54	Não há um sentido preferencial	Não há um sentido preferencial	-0,73	Não há um sentido preferencial	Não há um sentido preferencial
mai-19	ENS. sentido (10-1) C6	-2,08	Não há um sentido preferencial	Não há um sentido preferencial	0,17	Não há um sentido preferencial	Não há um sentido preferencial
ago-19	ENS. sentido (10-1) C7	-2,54	Não há um sentido preferencial	Não há um sentido preferencial	-1,18	Não há um sentido preferencial	Não há um sentido preferencial
nov-19	ENS. sentido (10-1) C8	-2,54	Não há um sentido preferencial	Não há um sentido preferencial	1,52	Não há um sentido preferencial	Não há um sentido preferencial
fev-20	ENS. sentido (10-1) C9	-2,54	Não há um sentido preferencial	Não há um sentido preferencial	1,07	Não há um sentido preferencial	Não há um sentido preferencial
mai-20	ENS. sentido (10-1) C10	-2,08	Não há um sentido preferencial	Não há um sentido preferencial	-2,08	Não há um sentido preferencial	Não há um sentido preferencial
ago-20	ENS. sentido (10-1) C11	-2,54	Não há um sentido preferencial	Não há um sentido preferencial	0,17	Não há um sentido preferencial	Não há um sentido preferencial
nov-20	ENS. sentido (10-1) C12	-2,54	Não há um sentido preferencial	Não há um sentido preferencial	1,52	Não há um sentido preferencial	Não há um sentido preferencial
fev-21	ENS. sentido (10-1) C13	-2,54	Não há um sentido preferencial	Não há um sentido preferencial	-1,18	Não há um sentido preferencial	Não há um sentido preferencial

Fonte: Autor.

5.7.2 Sentido preferencial de transporte longitudinal – Praia do Itaguapé

Ao examinar todos os possíveis pares nos perfis ITAG.01 a ITAG.7 em ambos os sentidos, foram encontrados números significativos de tendências indicativas de transporte no sentido do perfil ITAG.07 ao perfil ITAG.01 (Tabela 28).

A aplicação do modelo de Mc Laren indicou que o transporte de sedimento nos perfis emersos da praia do Itaguapé (Bertioga – SP) apresentaram sentido preferencial com característica de distribuição de grãos “mais fina, “mais bem selecionada” e “mais negativamente assimétrica” (F, B, -)”.

Conforme a Figura 92, o z-teste para 5 % de significância indicaram 100 % predominância no sentido 7 -1 com tendência (F, B, -), ou seja, o sentido será a partir do perfil onde se tem processo erosão até onde os sedimentos são depositados.

Tabela 28 — Número de tendências indicativas de transporte - Praia do Itaguapé

Campanha	Sentido (1-7) Indicativa FB -	Sentido (7-1) Indicativa FB -	Sentido (1-7) Indicativa GB +	Sentido (7-1) Indicativa GB +
ITAG.C1	6	10	1	1
ITAG.C2	1	14	1	0
ITAG.C3	0	15	1	0
ITAG.C4	4	8	2	0
ITAG.C5	5	9	2	2
ITAG.C6	7	8	4	2
ITAG.C7	2	6	0	0
ITAG.C8	0	11	0	2
ITAG.C9	0	6	1	0
ITAG.C10	1	9	1	3
ITAG.C11	2	16	1	0
ITAG.C12	6	14	0	0
ITAG.C13	7	6	2	0

Fonte: Autor.

Figura 92 — Valores do Z-teste do modelo de Mc Laren – Praia do Itaguareé

DATA	PRAIA /SENTIDO /CAMPAÑA	Z -TESTE FB-	HIPÓTESE PARA 1% DE SIGNIFICÂNCIA (FB-)	HIPÓTESE PARA 5% DE SIGNIFICÂNCIA (FB-)	Z -TESTE GB-	HIPÓTESE PARA 1% DE SIGNIFICÂNCIA (GB-)	HIPÓTESE PARA 5% DE SIGNIFICÂNCIA (GB-)
fev-18	ITAG. sentido (1-7) C1	2,23	Não há um sentido preferêncial	Transporte está ocorrendo nesse sentido	-1,07	Não há um sentido preferêncial	Não há um sentido preferêncial
mai-18	ITAG. sentido (1-7) C2	-1,07	Não há um sentido preferêncial	Não há um sentido preferêncial	-1,07	Não há um sentido preferêncial	Não há um sentido preferêncial
ago-18	ITAG. sentido (1-7) C3	-1,73	Não há um sentido preferêncial	Não há um sentido preferêncial	-1,07	Não há um sentido preferêncial	Não há um sentido preferêncial
nov-18	ITAG. sentido (1-7) C4	0,91	Não há um sentido preferêncial	Não há um sentido preferêncial	-0,41	Não há um sentido preferêncial	Não há um sentido preferêncial
fev-19	ITAG. sentido (1-7) C5	1,57	Não há um sentido preferêncial	Não há um sentido preferêncial	-0,41	Não há um sentido preferêncial	Não há um sentido preferêncial
mai-19	ITAG. sentido (1-7) C6	2,89	Transporte está ocorrendo nesse sentido	Transporte está ocorrendo nesse sentido	0,91	Não há um sentido preferêncial	Não há um sentido preferêncial
ago-19	ITAG. sentido (1-7) C7	-0,41	Não há um sentido preferêncial	Não há um sentido preferêncial	-1,73	Não há um sentido preferêncial	Não há um sentido preferêncial
nov-19	ITAG. sentido (1-7) C8	-1,73	Não há um sentido preferêncial	Não há um sentido preferêncial	-1,73	Não há um sentido preferêncial	Não há um sentido preferêncial
fev-20	ITAG. sentido (1-7) C9	-1,73	Não há um sentido preferêncial	Não há um sentido preferêncial	-1,07	Não há um sentido preferêncial	Não há um sentido preferêncial
ago-20	ITAG. sentido (1-7) C10	-1,07	Não há um sentido preferêncial	Não há um sentido preferêncial	-1,07	Não há um sentido preferêncial	Não há um sentido preferêncial
nov-20	ITAG. sentido (1-7) C11	-0,41	Não há um sentido preferêncial	Não há um sentido preferêncial	-1,07	Não há um sentido preferêncial	Não há um sentido preferêncial
fev-21	ITAG. sentido (1-7) C12	2,23	Não há um sentido preferêncial	Transporte está ocorrendo nesse sentido	-1,73	Não há um sentido preferêncial	Não há um sentido preferêncial
mai-21	ITAG. sentido (1-7) C13	2,89	Transporte está ocorrendo nesse sentido	Transporte está ocorrendo nesse sentido	-0,41	Não há um sentido preferêncial	Não há um sentido preferêncial
fev-18	ITAG. sentido (7-1) C1	4,87	Transporte está ocorrendo nesse sentido	Transporte está ocorrendo nesse sentido	-1,07	Não há um sentido preferêncial	Não há um sentido preferêncial
mai-18	ITAG. sentido (7-1) C2	7,51	Transporte está ocorrendo nesse sentido	Transporte está ocorrendo nesse sentido	-1,73	Não há um sentido preferêncial	Não há um sentido preferêncial
ago-18	ITAG. sentido (7-1) C3	8,17	Transporte está ocorrendo nesse sentido	Transporte está ocorrendo nesse sentido	-1,73	Não há um sentido preferêncial	Não há um sentido preferêncial
nov-18	ITAG. sentido (7-1) C4	3,55	Transporte está ocorrendo nesse sentido	Transporte está ocorrendo nesse sentido	-1,73	Não há um sentido preferêncial	Não há um sentido preferêncial
fev-19	ITAG. sentido (7-1) C5	4,21	Transporte está ocorrendo nesse sentido	Transporte está ocorrendo nesse sentido	-0,41	Não há um sentido preferêncial	Não há um sentido preferêncial
mai-19	ITAG. sentido (7-1) C6	3,55	Transporte está ocorrendo nesse sentido	Transporte está ocorrendo nesse sentido	-0,41	Não há um sentido preferêncial	Não há um sentido preferêncial
ago-19	ITAG. sentido (7-1) C7	2,23	Não há um sentido preferêncial	Transporte está ocorrendo nesse sentido	-1,73	Não há um sentido preferêncial	Não há um sentido preferêncial
nov-19	ITAG. sentido (7-1) C8	5,53	Transporte está ocorrendo nesse sentido	Transporte está ocorrendo nesse sentido	-0,41	Não há um sentido preferêncial	Não há um sentido preferêncial
fev-20	ITAG. sentido (7-1) C9	2,23	Não há um sentido preferêncial	Transporte está ocorrendo nesse sentido	-1,73	Não há um sentido preferêncial	Não há um sentido preferêncial
mai-20	ITAG. sentido (7-1) C10	4,21	Transporte está ocorrendo nesse sentido	Transporte está ocorrendo nesse sentido	0,25	Não há um sentido preferêncial	Não há um sentido preferêncial
ago-20	ITAG. sentido (7-1) C11	8,83	Transporte está ocorrendo nesse sentido	Transporte está ocorrendo nesse sentido	-1,73	Não há um sentido preferêncial	Não há um sentido preferêncial
nov-20	ITAG. sentido (7-1) C12	7,51	Transporte está ocorrendo nesse sentido	Transporte está ocorrendo nesse sentido	-1,73	Não há um sentido preferêncial	Não há um sentido preferêncial
fev-21	ITAG. sentido (7-1) C13	2,23	Não há um sentido preferêncial	Transporte está ocorrendo nesse sentido	-1,73	Não há um sentido preferêncial	Não há um sentido preferêncial

Fonte: Autor (2023).

5.8 Resultados da matriz Computacional

5.8.1 Validação da matriz computacional por comparação

A validação por comparação entre métodos convencional e computacional envolveu a comparação de resultados de ambos para avaliar o grau de semelhança e a viabilidade do método da matriz computacional. A confecção das matrizes seguiu o modelo de células de transporte de sedimentos de Taggart e Schwartz (1988) e modificado por Souza (1997), com os seguintes critérios propostos no modelo:

1º - (Diâmetro Médio ϕ) – aplicar o sinal (+), quando o diâmetro for maior (>) que seu perfil vizinho ou pares de vizinhos, se não aplicar o sinal (-);

2º - (Desvio Padrão S) - aplicar o sinal (+), quando o desvio padrão for menor (<) que seu perfil vizinho ou pares de vizinhos, se não aplicar o sinal (-);

3º - (Curtose k) - aplicar o sinal (+), quando a curtose for maior (>) que seu perfil vizinho ou pares de vizinhos, se não aplicar o sinal (-);

4º - (Inclinação °) - aplicar o sinal (+), quando o grau de inclinação do perfil for menor (<) que seu perfil vizinho ou pares de vizinhos, se não aplicar o sinal (-);

5º - (Largura m) - aplicar o sinal (+), quando a largura do perfil for maior (>) que seu perfil vizinho ou pares de vizinhos, se não aplicar o sinal (-);

A validação quantitativa foi realizada comparando os resultados do somatório de sinais dos perfis praias da zona emersa ao longo das 13 campanhas encontrados pela matriz computacional com os resultados encontrados da matriz convencional, a Tabela 29 e a Tabela 30 mostram respectivamente a avaliação das duas praias estudadas.

Tabela 29 — Avaliação da Comparação entre as matrizes - Praia da Enseada – Guarujá -SP

Perfis estudados	Contagem dos sinais e pares de sinais (Matriz computacional)		Contagem dos sinais e pares de sinais (Matriz convencional)		Somatório dos sinais e pares de sinais (Computacional //Convencional)	Grau de Semelhança
	+	-	+	-		
ENS 01	43	21	43	21	64 // 64	100,00 %
ENS 02	21 / 27	43 / 36	21 / 27	43 / 36	64 / 63 // 64 / 63	100,00 %
ENS 03	36 / 24	27 / 41	36 / 24	27 / 41	63 / 65 // 63 / 65	100,00 %
ENS 04	41 / 22	24 / 43	41 / 22	24 / 43	65 / 65 // 65 / 65	100,00 %
ENS 05	43 / 37	22 / 28	43 / 37	22 / 28	65 / 65 // 65 / 65	100,00 %
ENS 06	28 / 28	37 / 36	28 / 28	37 / 36	65 / 64 // 65 / 64	100,00 %
ENS 07	36 / 28	28 / 36	36 / 28	28 / 36	64 / 64 // 64 / 64	100,00 %
ENS 08	36 / 40	28 / 24	36 / 40	28 / 24	64 / 64 // 64 / 64	100,00 %
ENS 09	24 / 51	40 / 13	24 / 51	40 / 13	64 / 64 // 64 / 64	100,00 %
ENS 10	13	51	13	51	64 // 64	100,00 %

Fonte: Autor.

Tabela 30 — Avaliação da Comparação entre as matrizes - Praia do Itaguapé – Bertioga -SP

Perfis estudados	Contagem dos sinais e dos pares de sinais (Matriz computacional)		Contagem dos sinais e dos pares de sinais (Matriz convencional)		Somatório dos sinais e pares de sinais (Computacional //Convencional)	Grau de Semelhança
	+	-	+	-		
ITAG.01	35	29	35	29	64 // 64	100,00 %
ITAG.02	29 / 49	35 / 14	29 / 49	35 / 14	64 / 63 // 64 / 63	100,00 %
ITAG.03	14 / 35	49 / 29	14 / 35	49 / 29	63 / 64 // 63 / 64	100,00 %
ITAG.04	29 / 32	35 / 33	29 / 32	35 / 33	64 / 65 // 64 / 65	100,00 %
ITAG.05	33 / 22	32 / 42	33 / 22	32 / 42	65 / 64 // 65 / 64	100,00 %
ITAG.06	42 / 33	22 / 32	42 / 33	22 / 32	64 / 65 // 64 / 65	100,00 %
ITAG.07	32	33	32	33	65 // 65	100,00 %

Fonte: Autor.

5.8.2 Resultados da matriz computacional (Praia da Enseada)

Os resultados da aplicação do método de identificação de células de deriva (Tabela 31) da praia da Enseada – Zona Emersa (Guarujá – SP), se deu através da síntese dos processos sedimentares encontrados em cada perfil da praia (Tabela 32).

Assim por meio da aplicação da matriz computacional a cada campanha, os parâmetros morfotexturais foram comparados de um perfil praial com o seu perfil vizinho, mostrando os seguintes resultados:

- O processo erosivo predomina nos perfis ENS-2 (69%), ENS-4 (46%), ENS-6 (54%), associado à presença de zonas de divergência de células de deriva litorânea, e é de 100% no perfil ENS-10.
- Os processos deposicionais predominaram nos perfis ENS-1 (77% das ocorrências), ENS-3 (46%), ENS-5 (54%) e ENS-8 (54%), associados à presença frequente de zonas de convergência de células de deriva litorânea.
- Os processos de transporte nos perfis ENS-7 e ENS-9 predominaram com 46% e 61% de ocorrência respectivamente.

Tabela 31 — Síntese gerada pela ferramenta computacional dos resultados da aplicação do método de identificação de células de deriva litorânea – Praia da Enseada- Zona Emersa – Guarujá -SP

Perfis da praia	Número ocorrência (Erosão)	Número ocorrência (Transporte)	Número ocorrência (Depósito)	Processo sedimentar predominante	% de contribuição	Sentido da deriva
ENS 01	3	0	10	Deposição	76,92	SW
ENS 02	9	2	2	Erosão	69,23	SW/NE
ENS 03	3	4	6	Deposição	46,15	NE/SW
ENS 04	6	5	2	Erosão	46,15	SW/NE
ENS 05	2	4	7	Deposição	53,85	NE/SW
ENS 06	7	3	3	Erosão	53,85	SW/NE
ENS 07	3	6	4	Transporte	46,15	NE
ENS 08	3	3	7	Deposição	53,85	E/NW
ENS 09	0	8	5	Transporte	61,54	NW
ENS 10	13	0	0	Erosão	100,00	NW

Fonte: Autor.

Tabela 32 — Resultados da matriz computacional a cada campanha – Praia da Enseada – Zona Emersa

Perfil	C1	C2	C3	C4	C5	C6	C7	C8	C9	C10	C11	C12	C13
ENS.01.	(-) E	(+) D	(-) E	(+) D	(+) D	(+) D	(+) D	(+) D	(+) D	(+) D	(+) D	(-/-) E	(+) D
ENS.02.	(+/-) T	(-/-) E	(+/+) D	(-/-) E	(+) D	(+) D	(-/-) E	(-/-) E	(-/-) E	(-/-) E	(-/-) E	(+) D	(+/-) T
ENS.03.	(+/+) D	(+/+) D	(-/-) E	(+/+) D	(+/-) T	(+/-) T	(+/+) D	(+/-) T	(+/-) T	(+/+) D	(+/+) D	(-/-) E	(-/-) E
ENS.04.	(-/-) E	(-/-) E	(+/-) T	(-/-) E	(+/-) T	(+/-) T	(-/-) E	(+/-) T	(+/+) D	(-/-) E	(-/-) E	(+/+) D	(+/-) T
ENS.05.	(+/+) D	(+/+) D	(+/-) T	(+/+) D	(+/-) T	(+/+) D	(+/+) D	(+/+) D	(-/-) E	(+/-) T	(+/+) D	(-/-) E	(+/-) T
ENS.06.	(-/-) E	(-/-) E	(+/-) T	(-/-) E	(+/-) T	(-/-) E	(-/-) E	(-/-) E	(+/+) D	(+/-) T	(-/-) E	(+/+) D	(+/+) D
ENS.07.	(+/+) D	(+/+) D	(+/-) T	(+/-) T	(+/-) T	(+/-) T	(+/+) D	(+/+) D	(+/+) D	(+/-) T	(+/-) T	(-/-) E	(-/-) E
ENS.08.	(-/-) E	(-/-) E	(+/+) D	(+/+) D	(+/-) T	(+/+) D	(-/-) E	(+/-) T	(+/-) T	(+/+) D	(+/+) D	(+/+) D	(+/+) D
ENS.09.	(+/+) D	(+/+) D	(+/-) T	(+/-) T	(+/+) D	(+/-) T	(+/+) D	(+/-) T	(+/+) D	(+/-) T	(+/-) T	(+/-) T	(+/-) T
ENS.10.	(-) E	(-) E	(-) E	(-) E	(-) E	(-) E	(-) E	(-) E	(-) E	(-) E	(-) E	(-) E	(-) E

Fonte: Autor. Legenda: E (Processo erosivo), T (Transporte), D (Processo deposicional)

Assim como na Zona Emersa foi aplicado o método de identificação de células de deriva (Tabela 33) na praia da Enseada – Zona Submersa (Guarujá – SP), que através da síntese dos processos sedimentares encontrados em cada perfil da praia (Tabela 34) por meio da aplicação da matriz computacional a cada campanha, encontrou-se os seguintes resultados:

- O processo erosivo predomina nos perfis ENS-2 (46%), ENS-6 (61%), associado à presença de zonas de divergência de células de deriva litorânea, e é de 100% no perfil ENS-10.
- Os processos deposicionais predominaram nos perfis ENS-1 (61% das ocorrências), e ENS-8 (61%), associados à presença frequente de zonas de convergência de células de deriva litorânea.
- Os processos de transporte predominaram nos perfis ENS.03 (46% das ocorrências), ENS.04 (38% das ocorrências), ENS.05 (46% das ocorrências), ENS.07 (54% das ocorrências) e ENS.09 (69% das ocorrências).

Tabela 33 — Síntese gerada pela ferramenta computacional dos resultados da aplicação do método de identificação de células de deriva litorânea – Praia da Enseada- Zona Submersa – Guarujá -SP

Perfis da praia	Número ocorrência (Erosão)	Número ocorrência (Transporte)	Número ocorrência (Depósito)	Processo sedimentar predominante	% de contribuição	Sentido da deriva
ENS 01	5	0	8	Deposição	61,54	SW
ENS 02	6	4	3	Erosão	46,15	SW/NE
ENS 03	4	6	3	Transporte	46,15	NE/SW
ENS 04	3	5	5	Deposição	38,46	SW/NE
ENS 05	2	6	5	Transporte	46,15	NE/SW
ENS 06	8	3	2	Erosão	61,54	SW/NE
ENS 07	3	7	3	Transporte	53,85	NE
ENS 08	2	3	8	Deposição	61,54	E/NW
ENS 09	0	9	4	Transporte	69,23	NW
ENS 10	13	0	0	Erosão	100,00	NW

Fonte: Autor.

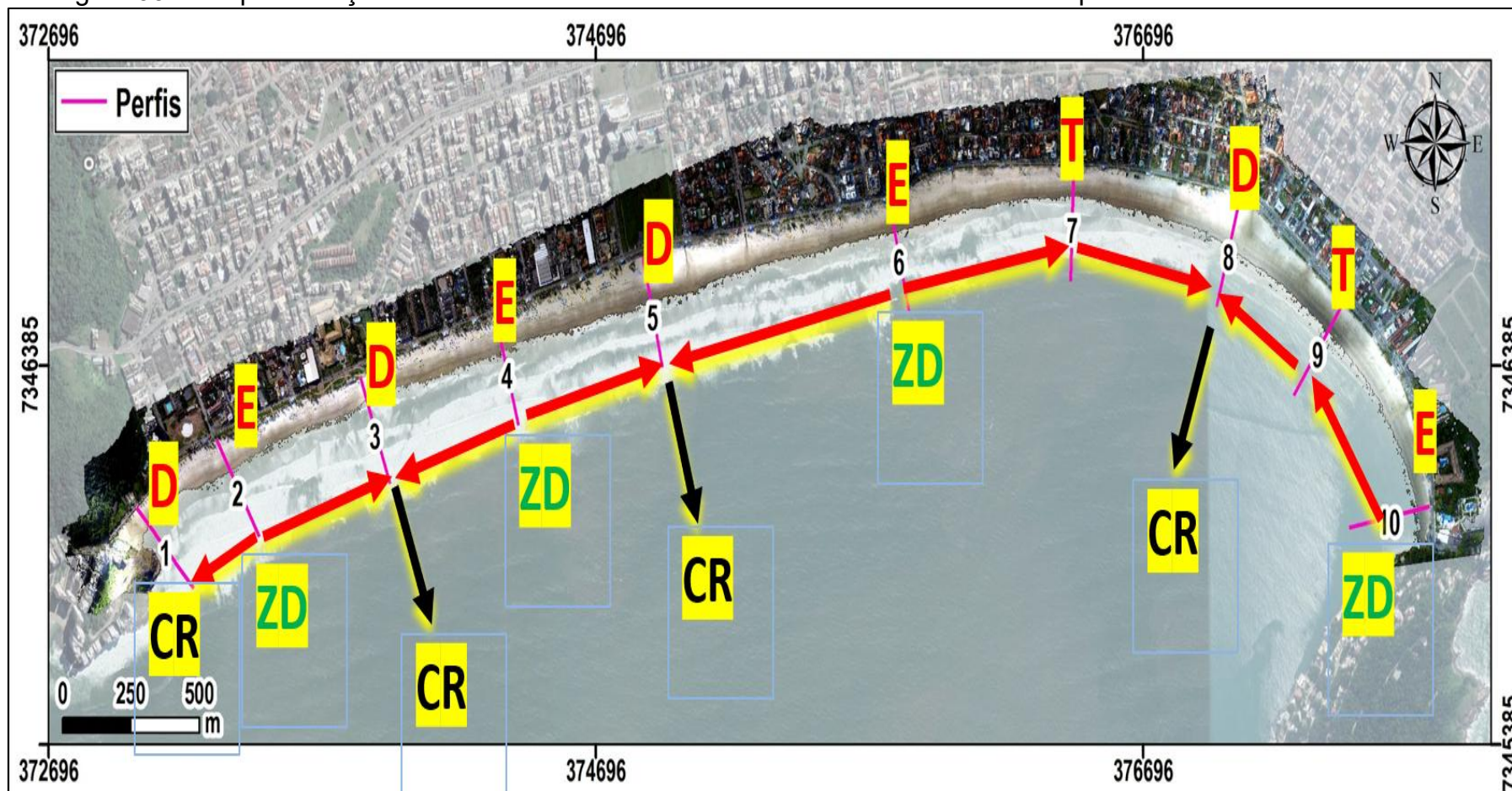
Com a síntese dos resultados dos processos sedimentares predominantes foi possível realizar a espacialização das células de deriva litorânea e identificar as zonas de divergência e as zonas de convergência (corrente de retorno) (Figura 95).

Tabela 34 — Resultados da matriz computacional a cada campanha – Praia da Enseada – Zona Submersa

Perfil	C1	C2	C3	C4	C5	C6	C7	C8	C9	C10	C11	C12	C13
ENS.01.	(+) D	(+) D	(-) E	(+) D	(-) E	(+) D	(+) D	(+) D	(+) D	(-) E	(-) E	(-) E	(+) D
ENS.02.	(+/-) T	(+/-) T	(+/+) D	(-/-) E	(+/-) T	(-/-) E	(-/-) E	(-/-) E	(-/-) E	(+/+) D	(+/-) T	(+/+) D	(-/-) E
ENS.03.	(-/-) E	(-/-) E	(-/-) E	(+/-) T	(+/-) T	(+/+) D	(+/-) T	(+/+) D	(+/+) D	(-/-) E	(+/-) T	(+/-) T	(+/-) T
ENS.04.	(+/+) D	(+/+) D	(+/+) D	(+/-) T	(+/-) T	(-/-) E	(+/+) D	(-/-) E	(+/-) T	(+/-) T	(+/+) D	(-/-) E	(+/-) T
ENS.05.	(+/-) T	(+/-) T	(-/-) E	(+/+) D	(+/+) D	(+/+) D	(+/-) T	(+/+) D	(+/-) T	(+/-) T	(-/-) E	(+/-) T	(+/+) D
ENS.06.	(-/-) E	(-/-) E	(+/+) D	(-/-) E	(+/-) T	(-/-) E	(-/-) E	(-/-) E	(-/-) E	(+/-) T	(+/-) T	(+/+) D	(-/-) E
ENS.07.	(+/+) D	(+/-) T	(-/-) E	(+/-) T	(-/-) E	(+/+) D	(+/-) T	(+/-) T	(+/+) D	(+/-) T	(+/-) T	(-/-) E	(+/-) T
ENS.08.	(+/-) T	(+/+) D	(+/+) D	(+/+) D	(+/-) T	(-/-) E	(+/-) T	(+/+) D	(-/-) E	(+/+) D	(+/+) D	(+/+) D	(+/+) D
ENS.09.	(+/-) T	(+/-) T	(+/-) T	(+/-) T	(+/+) D	(+/+) D	(+/+) D	(+/-) T	(+/+) D	(+/-) T	(+/-) T	(+/-) T	(+/-) T
ENS.10.	(-) E	(-) E	(-) E	(-) E	(-) E	(-) E	(-) E	(-) E	(-) E	(-) E	(-) E	(-) E	(-) E

Fonte: Autor. Legenda: E (Processo erosivo), T (Transporte), D (Processo deposicional)

Figura 93 — Espacialização das células de deriva litorânea: Processos sedimentares predominantes – Praia da Enxada



Fonte: Autor.

Legenda: E (Processo erosivo), T (Transporte), D (Processo deposicional), CR (Correntes de retorno) e ZD (Zonas de divergência).

5.8.3 Resultados da matriz computacional (Praia do Itaguapé)

Os resultados do processo sedimentar de cada perfil da praia do Itaguapé (Bertioga – SP) (Tabela 35) foram determinados por meio da matriz computacional a cada campanha, no qual comparou cada parâmetro morfotexturais (diâmetro médio, grau de seleção, curtose, declividade da praia e largura da praia) de um perfil praial com o seu perfil vizinho.

Tabela 35 — Resultados da matriz computacional a cada campanha-Praia do Itaguapé

Perfil	C1	C2	C3	C4	C5	C6	C7	C8	C9	C10	C11	C12	C13
ITAG.01	(-) E	(+) D	(+) D	(+) D	(-) E	(+) D	(+) D	(+) D	(+) D	(-) E	(-) E	(-) E	(+) D
ITAG.02	(+/-) D	(+/-) T	(+/-) T	(+/-) T	(+/-) D	(+/-) T	(+/-) T	(+/-) T	(+/-) T	(+/-) D	(+/-) D	(+/-) D	(+/-) T
ITAG.03	(+/-) T	(-/-) E	(+/-) T	(-/-) E	(+/-) T	(-/-) E	(-/-) E	(+/-) T	(+/-) T	(-/-) E	(+/-) T	(-/-) E	(-/-) E
ITAG.04	(-/-) E	(+/-) D	(-/-) E	(+/-) T	(+/-) T	(+/-) D	(+/-) T	(+/-) T	(-/-) E	(+/-) D	(-/-) E	(+/-) D	(+/-) D
ITAG.05	(+/-) T	(-/-) E	(+/-) T	(+/-) T	(-/-) E	(-/-) E	(+/-) D	(-/-) E	(+/-) T	(-/-) E	(+/-) D	(+/-) T	(-/-) E
ITAG.06	(+/-) T	(+/-) D	(+/-) D	(+/-) D	(+/-) D	(+/-) D	(-/-) E	(+/-) T	(+/-) T	(+/-) T	(-/-) E	(-/-) E	(+/-) T
ITAG.07	(+) D	(-) E	(-) E	(-) E	(-) E	(-) E	(+) D	(+) D	(+) D	(+) D	(+) D	(+) D	(+) D

Fonte: Autor.

Legenda: E (Processo erosivo), T (Transporte), D (Processo deposicional)

Através da síntese dos resultados da aplicação do método de identificação de células de deriva (Tabela 36), os processos deposicionais da praia do Itaguapé que predominaram foram: os perfis ITAG-1 (61,5%), ITAG-4 (38,5%) e ITAG-7 (61,5%).

Existe uma tendência de sentido do transporte de sedimentos do perfil 7 ao 1, conforme os resultados apresentados do Z-teste do modelo de Mc Laren.

É provável que sedimentos da falésia localizada na foz do rio Itaguapé (Bertioga) depositaram próximo ao perfil sob ação de espraçamento de ondas. Com relação aos processos erosivos observou-se a predominância nos perfis ITAG- 3 (53,9 %) e ITAG-5 (46,15 %), que se comportaram como zonas de divergência de células de deriva litorânea em pouca parte do tempo.

Nos perfis ITAG-2 e ITAG-6 predominaram o processo de transporte com 61,5% e 38,5% de ocorrência respectivamente, o perfil ITAG-2 demonstra ocorrer mais remobilização de sedimentos, e o perfil ITAG-7 por sofrer mais interferência dos depósitos da foz do rio Itaguapé.

Tabela 36 — Síntese gerada pela ferramenta computacional dos resultados da aplicação do método de identificação de células de deriva litorânea – Praia do Itaguapé – Bertioga -SP

Perfis da praia	Número ocorrência (Erosão)	Número ocorrência (Transporte)	Número ocorrência (Depósito)	Processo sedimentar predominante	% de contribuição	Sentido da deriva
ITAG 01	5	0	8	Deposição	61,54	SW
ITAG 02	0	8	5	Transporte	61,54	NE/SW
ITAG 03	7	6	0	Erosão	53,85	SW/NE
ITAG 04	4	4	5	Deposição	38,46	NE/SW
ITAG 05	6	5	2	Erosão	46,15	SW/NE
ITAG 06	3	5	5	Transporte	38,46	SW/NE
ITAG 07	5	0	8	Deposição	61,54	NE

Fonte: Autor.

Com a síntese dos resultados dos processos sedimentares predominantes foi possível realizar a espacialização das células de deriva litorânea e identificar as zonas de divergência e as zonas de convergência (corrente de retorno) (Figura 96).

Figura 94 — Espacialização das células de deriva litorânea: Processos sedimentares predominantes – Praia do Itaguareé



Fonte: Autor.

Legenda: E (Processo erosivo), T (Transporte), D (Processo deposicional), CR (Correntes de retorno) e ZD (Zonas de divergência).

5.8.4 Performance da Matriz Computacional

Para apresentar os aspectos técnicos de performance da Matriz Computacional conforme o Quadro 10, foram listados os resultados alcançados antes e depois da aplicação da ferramenta computacional, por meio dos indicadores observados para cada etapa do processo.

As etapas envolveram a rotina de tabulação dos dados, contendo informações dos parâmetros estatísticos da distribuição de grãos das amostras, classificações texturais e os parâmetros morfométricos dos perfis praias de todas campanhas.

Na etapa de confecção de matriz de comparação dos parâmetros entre diversos perfis praias, foram selecionados o conjunto de dados de perfis praias de uma determinada zona amostrada e campanha.

Em seguida cada parâmetro morfotextural dos perfis foi comparado com resultado do parâmetro do perfil vizinho e entre os perfis referente a campanha monitorada. Por fim os resultados de cada matriz confeccionada foram sintetizados para se obter os processos sedimentares predominantes de cada perfil.

Quadro 10 — Indicadores de Performance da Matriz Computacional

Etapas do processo	Indicador observado	Antes da aplicação da ferramenta	Após a aplicação da ferramenta
Tabulação dos dados (parâmetros estatísticos da distribuição de grãos, classificações texturais e Parâmetros morfométricos)	Tempo gasto para 442 amostras, total de 2210 parâmetros	30 a 40 dias	22 minutos 3 segundos / amostra
Seleção dos dados por zona dos perfis e campanha	Tempo gasto para 52 campanhas	7 a 8 dias	40 a 50 segundos 1 segundo / campanha
Confecção da Matriz de Comparação	Tempo gasto para 52 campanhas	40 a 60 dias	2 a 3 minutos 2 segundos / campanha
Síntese dos Resultados	Tempo gasto para 52 campanhas	8 a 10 dias	1 minuto 1 segundo / campanha
Arquivamento das Matrizes de Comparação e síntese dos Resultados	Uso de Recursos	Escritos digitalizados e impressos armazenados em pastas e caixas	Salvamento automático em formato PDF, tamanho de 200 MB, podendo ser submetido ao artifício em plataformas de nuvem
Armazenamento do registro de parâmetros estatísticos da distribuição de grãos, classificações texturais e parâmetros morfométricos das amostras	Capacidade de Armazenamento	10.000 amostras em escritos digitalizados e impressos, armazenados em pastas e caixas	Banco de Dados de 1.048.575 amostras com até 1 GB de tamanho de arquivo para o modelo de dados de até 2 GB de memória.

Fonte: Autor.

5.9 Análise dos resultados comparados à estudo de suscetibilidade à erosão Costeira para o Estado de São Paulo (2022/2023)

A síntese dos resultados das matrizes de comparação gerado pela ferramenta computacional forneceram a frequência com que um indicador de erosão (Tipo XI) aparece nos perfis praias ao longo das campanhas de monitoramento.

Os resultados das frequências, combinadas aos resultados da taxa variação da largura do perfil praias (m/ano) (Indicador Tipo II) permitem associar a variação da largura da praia à presença de zonas de convergência e divergência, que influenciam a dinâmica da areia e a erosão/acúmulo do material costeiro aos perfis analisados.

Zonas de convergência tendem a aumentar a largura da praia devido ao acúmulo de areia, enquanto as zonas de divergência podem reduzir a largura devido à erosão e ao transporte da areia.

A Tabela 37 e 38 indicam respectivamente a frequência da presença de zonas de convergência e divergência da Praia da Enseada Zona Emersa e Submersa e as taxas de variação da largura em cada perfil.

Tabela 37 — Indicadores de erosão por perfil – Praia da Enseada – Zona Emersa

Perfis da praia	Taxa de variação da largura do perfil (m/ano) (+/- (m+s)) (Indicador Tipo II)	Presença de corrente de retorno (zona de convergência) ao longo do tempo (Indicador Tipo XI)	Presença de zona de barlamar (centro de divergência) ao longo do tempo (Indicador Tipo XI)
ENS 01	- 12,68 (± 21,10)	76,92 %	23,08 %
ENS 02	- 12,84 (± 25,71)	15,38 %	69,23 %
ENS 03	- 6,59 (± 10,25)	46,15 %	23,08 %
ENS 04	- 0,15 (± 16,04)	15,38 %	46,15 %
ENS 05	- 4,18 (± 12,35)	53,85 %	15,38 %
ENS 06	+ 1,94 (± 22,61)	23,08 %	53,85 %
ENS 07	- 4,74 (± 10,17)	30,77 %	23,08 %
ENS 08	- 2,83 (± 21,74)	53,85 %	23,08 %
ENS 09	- 1,48 (± 26,59)	38,46 %	0,00 %
ENS 10	+ 3,38 (± 17,36)	0,00 %	100 %
Média da Praia	- 4,02 (± 18,39)		

Fonte: Autor.

Legenda: +/- (m+s) intervalo entre a média e o limite superior ou inferior de um desvio padrão.

Tabela 38 — Indicadores de erosão por perfil – Praia da Enseada – Zona Submersa

Perfis da praia	Taxa de variação da largura do perfil (m/ano) (+/- (m+s)) (Indicador Tipo II)	Presença de corrente de retorno (zona de convergência) ao longo do tempo (Indicador Tipo XI)	Presença de zona de barlamar (centro de divergência) ao longo do tempo (Indicador Tipo XI)
ENS 01	- 20,04 (± 25,93)	61,54 %	38,46 %
ENS 02	- 14,92 (± 20,66)	23,08 %	46,15 %
ENS 03	- 6,29 (± 17,27)	23,08 %	30,77 %
ENS 04	+ 4,67 (± 27,07)	38,46 %	23,08 %
ENS 05	- 7,24 (± 21,04)	38,46 %	15,38 %
ENS 06	+ 2,68 (± 19,16)	15,38 %	61,54 %
ENS 07	- 8,77 (± 16,72)	23,08 %	23,08 %
ENS 08	- 10,71 (± 14,25)	61,54 %	15,38 %
ENS 09	+ 0,46 (± 7,60)	30,77 %	0,00 %
ENS 10	+ 7,92 (± 12,59)	0,00 %	100 %
Média da Praia	- 5,22 (± 18,34)		

Fonte: Autor.

Legenda: +/- (m+s) intervalo entre a média e o limite superior ou inferior de um desvio padrão.

A Tabela 39 indica a frequência da presença de zonas de convergência e divergência da Praia do Itaguapé Zona Emersa e as taxas de variação da largura em cada perfil.

Tabela 39 — Indicadores de erosão por perfil – Praia do Itaguapé – Zona Emersa

Perfis da praia	Taxa de variação da largura do perfil (m/ano) (+/- (m+s)) (Indicador Tipo II)	Presença de corrente de retorno (zona de convergência) ao longo do tempo (Indicador Tipo XI)	Presença de zona de barlamar (centro de divergência) ao longo do tempo (Indicador Tipo XI)
ITAG 01	- 12,42 (± 22,91)	61,54 %	38,46 %
ITAG 02	- 17,35 (± 25,33)	38,46 %	0,00 %
ITAG 03	+ 0,53 (± 14,24)	0,00 %	53,85 %
ITAG 04	+ 6,83 (± 11,45)	38,46 %	30,77 %
ITAG 05	- 4,92 (± 17,92)	15,38 %	46,15 %
ITAG 06	- 1,08 (± 11,40)	38,46 %	23,08 %
ITAG 07	+ 10,60 (± 24,44)	61,54 %	38,46 %
Média da praia	- 2,54 (± 18,24)		

Fonte: Autor.

Legenda: +/- (m+s) intervalo entre a média e o limite superior ou inferior de um desvio padrão.

Como observado nas Tabelas 37, 38 e 39, os perfis com taxas negativas de variação da largura, poderiam ser considerados perfis com frequente presença de zonas de divergência (estado de erosão), assim como os perfis com taxas positivas de variação da largura, poderiam ser considerados perfis com frequente presença de zonas de convergência (estado de deposição).

Os resultados da taxa de variação de largura das praias não necessariamente demonstraram boa correlação com a frequência de ocorrência de zonas de convergência e divergência.

Analisando o conjunto de dados e considerando o intervalo de um desvio padrão acima e abaixo da média como incerteza associada as amplitudes das marés (Tabela 8), observou-se que todos os resultados se concentraram dentro desse intervalo, indicando não haver variação significativa das larguras das praias.

Ao comparar os resultados dos processos sedimentares obtidos da síntese das matrizes computacionais com os resultados do estudo de suscetibilidade à erosão, em sua versão atualizada (2022/2023) para o Estado de São Paulo (Souza *et al*, 2023a), observou-se boa correlação com resultados dos processos sedimentares predominantes em cada perfil monitorado (Tabela 40).

Conforme Souza *et al*, 2023a, em seu estudo de suscetibilidade à erosão das Praias da Enseada e do Itaguapé, ambas se destacam pelo comportamento erosivo com redução paulatina de suas larguras ao longo do tempo.

Nesse sentido os tipos de indicadores de erosão costeira crônica (Figura 97) são fundamentais para embasar a avaliação. Em termos de processos sedimentares predominantes no perfil, o indicador (Tipo XI) sugere identificar a erosão em função da presença de zona de barlamar de células de deriva litorânea.

Assim como identificar as áreas em que predominam processos deposicionais, neste caso em função da presença de zona de sotomar de células de deriva litorânea.

Quanto ao transporte de sedimentos que podem ora poder se tornar mais erosivos, ora mais deposicionais, ou seja deve haver a predominância de ocorrência do processo de transporte.

Diante destas questões e dos resultados obtidos, a aplicação do pacote de ferramentas computacionais parece ser uma boa alternativa para auxiliar na previsão de processo erosivos, diante do grande volume de dados e dos critérios de avaliação que esses métodos necessitam.

Tabela 40 — Comparação dos resultados das sínteses das matrizes computacionais com o estudo de suscetibilidade à erosão (SP)

Praia	Perfis – Processo Sedimentar	Tipos de Indicadores de erosão observados no estudo (11 tipos)	Contribuição do Processo Sedimentar	Processo Sedimentar (Síntese das Matrizes computacionais)	% de Contribuição do Processo Sedimentar (Síntese das Matrizes computacionais)	Grau de Proximidade (%)
Enseada	ENS 01 - Deposição	I-II-III-IV-V-VI-VII-VIII-IX- XI	77,00 %	Deposição	76,92 %	99,89 %
	ENS 02 - Erosão	I-II-III-V-VIII- XI	69,00 %	Erosão	69,23 %	99,67 %
	ENS 03 - Deposição	I-II-III-IV-V-VIII- XI	46,00 %	Deposição	46,15 %	99,67 %
	ENS 04 - Erosão	I-II-III-IV-V-VIII	46,00 %	Erosão	46,15 %	99,67 %
	ENS 05 - Deposição	II-III-IV-V-VIII	54,00 %	Deposição	53,85 %	99,72 %
	ENS 06 - Erosão	I-II-III-V-VI-VII-VIII- XI	54,00 %	Erosão	53,85 %	99,72 %
	ENS 07 - Transporte	I-II-III-IV-V- XI	46,00 %	Transporte	46,15 %	99,67 %
	ENS 08 - Deposição	I-II-III-IV-VIII	54,00 %	Deposição	53,85 %	99,72 %
	ENS 09 - Transporte	I-II-III-IV-V-VII-VIII	61,50 %	Transporte	61,54 %	99,93 %
	ENS 10 - Erosão	I-II-III-V-VI-VII-VIII-IX- XI	100,00 %	Erosão	100,00 %	100,00 %
Itaguaré	ITAG 01 - Deposição	I-II-III-V-VI- XI	61,50 %	Deposição	61,54 %	99,93 %
	ITAG 02 - Transporte	I-II-III-IV-V	61,50 %	Transporte	61,54 %	99,93 %
	ITAG 03 - Erosão	I-II-III-IV-V	54,00 %	Erosão	53,85 %	99,72 %
	ITAG 04 - Deposição	I-II-III-IV-V-VIII-XI	38,30 %	Deposição	38,46 %	99,58 %
	ITAG 05 - Erosão	I-II-III-IV-V	46,00 %	Erosão	46,15 %	99,67 %
	ITAG 06 - Transporte	I-II-III-IV-V	38,30 %	Transporte	38,46 %	99,58 %
	ITAG 07 - Deposição	I-II-III-IV-V	61,50 %	Deposição	61,54 %	99,93 %

Fonte: Adaptado Souza *et al.* (2023).

Figura 95 — Onze (11) tipos de indicadores de erosão costeira crônica



Fonte: Adaptado de Souza et.al. (2023).

6 CONCLUSÃO E SUGESTÃO

Esta dissertação é concluída fazendo-se os comentários com relação a comparação dos resultados das sínteses das matrizes computacionais com os resultados do estudo de suscetibilidade à erosão das Praias da Enseada – Guarujá/SP e do Itaguapé – Bertioga/SP em sua versão atualizada (2022/2023).

Assim como as análises estatísticas dos dados e os resultados alcançados sob aspecto técnico de performance da aplicação das ferramentas computacionais construída com a finalidade de auxiliar na identificação de processos erosivos e contribuir como ferramenta de apoio a gestão integrada entre a bacia hidrográfica e a zona costeira.

Também são apresentados comentários sobre o desenvolvimento e a integração das ferramentas em um pacote computacional, cuja finalidade é fortalecer a conexão entre as etapas dos processos analisados. Por fim, são sugeridas direções para pesquisas futuras.

6.1 Conclusão

Com o objetivo de projetar os processos sedimentares predominantes em cada setor de uma praia, os estudos de processos costeiros aplicados no estado de São Paulo analisam os resultados das variações dos parâmetros texturais e morfométricos entre os perfis praias por meio de matrizes de comparação ao longo do tempo e as sintetizam com propósito de identificar processos erosivos.

Sabendo disso a construção e aplicação do pacote de ferramentas computacionais mostrou ser uma boa alternativa que propõem processar e analisar de forma hábil grandes quantidades de dados de que esses estudos necessitam.

Além de comparar sistematicamente os parâmetros morfotexturais de cada perfil praias com os seus perfis vizinhos a cada campanha, o banco de dados da matriz computacional pode construir automaticamente diversas matrizes de comparação, que pelo método convencional demandaria muito tempo para confeccionar e ainda poderia incorrer em erros de interpretação.

Os resultados obtidos com a utilização do pacote de ferramentas computacionais demonstraram ser satisfatórios, pois apresentaram aproximação de 99,5 % a 100 % com os resultados do estudo de suscetibilidade à erosão das Praias da Enseada – Guarujá/SP e do Itaguapé – Bertioga/SP.

Também se observou através da análise estatística dos dados, a boa correlação dos resultados dos parâmetros morfotexturais obtidos pela ferramenta GEOGRAIN 1.0, com valores que variam de 0,49 (moderado) a 0,99 (forte).

A confiabilidade nos resultados gerado pelo programa também foi confirmada pelo teste de normalidade de Shapiro-Wilk realizados nas curvas distribuição dos tamanhos dos grãos nas duas praias, $p=0,1957$ (Praia da Enseada) e $p=0,0003$ (Praia do Itaguapé) demonstrando a diferenciação dos dois ambientes.

Os resultados alcançados sob aspecto técnico da aplicação das ferramentas computacionais com base na observação de indicadores de performance, mostraram que com a introdução das ferramentas eliminou-se o uso de papel e a necessidade de armazenamento de registros em pastas e caixas.

Outro indicador de performance é em relação a soma dos tempos médios para atender a demanda de dados para caracterização morfotextural dos perfis praias utilizadas nesse estudo. O tempo médio necessário sem aplicação das ferramentas computacionais é de 11 meses a 1 ano, enquanto com a aplicação das ferramentas computacionais foi de 90 dias, praticamente o tempo gasto nos ensaios analíticos.

Além disso, o tempo de CPU, ou seja, tempo de uso do processador durante aplicação das ferramentas, foi de 4 min para 10 ciclos, relativamente baixo com um consumo de 160 MB de memória RAM e gerando 136 MB de tamanho de arquivos, considerado uma quantidade comum de uso para muitos aplicativos.

Integrar as ferramentas durante a realização do ensaio analítico permitiu ao usuário exportar os dados referentes a cada amostra e seus parâmetros analíticos para o programa que analisa, determina e apresenta os parâmetros estatísticos, assim possibilitou o usuário criar banco de dados analítico no decorrer do ensaio.

A integração do formulário (GRANSED) ao programa de análise estatística (GEOGRAIN 1.0) e este ao banco de dados da (MATRIZ DE COMPARAÇÃO), demonstrou ser rápida e intuitiva, além de eliminar a necessidade de digitação de dados. A aplicação do método morfosedimentológico através das ferramentas computacionais contribuiu para celeridade de estudos de processos erosivos, além de auxiliar na construção de um banco de dados para a elaboração de mapas de risco.

6.2 Sugestão

Como perspectiva para trabalhos futuros, propõe-se a integração de outras linguagens de programação ao ambiente do Visual Basic for Applications (VBA), com o objetivo de aprimorar a geração de relatórios estatísticos e a construção de matrizes comparativas. Essa integração poderá ampliar as funcionalidades do sistema desenvolvido.

Outra sugestão é aplicar o teste de Shapiro-Wilk a cada coluna (parâmetro morfotextural) de cada matriz de computacional para verificar a normalidade de cada variável por campanha, antes da síntese dos resultados. Software estatístico como R, Python com SciPy e Sisvar podem contribuir para executar o teste em cada variável que se deseja comparar.

REFERÊNCIAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **ISO 17025:2017**: Requisitos Gerais para Competências de Laboratórios de Ensaio e Calibração. Rio de Janeiro: ABNT, 2017.

AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS E SANEAMENTO BÁSICO. **Planos de recursos hídricos e enquadramento dos corpos de água** /Agência Nacional de Águas. Brasília: ANA, 2013.

BIRD, E. C. F. **Beach management**. England: John Wiley & Sons, 1996.

BLOTT, S. J.; PYE, K. GRADISTAT: a grain size distribution and statistics package for the analysis of unconsolidated sediments. 2001.

BRASIL (1997) **Lei 9.433 de 1997** Política Nacional dos Recursos Hídricos.

BRASIL. Comissão Interministerial para os Recursos do Mar (Resolução n. 5/CIRM). Plano Nacional de Gerenciamento Costeiro II. 1997. Disponível em: <http://www.mma.gov.br>. Acesso em: 20 nov. 2024.

BRASIL. Ministério do Desenvolvimento Regional. **Plano Nacional de Recursos Hídricos**: PNRH 2022-2040. Brasília: MMA, 2022. 2 v., il.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. **Plano Nacional de Adaptação à Mudança do Clima**: estratégias setoriais e temáticas. Brasília: MMA, 2016. v. 2.

CÂMARA, Isaias Farias da; BARROS, Eduardo Lacerda; SILVA, Rhaiane Rodrigues da. Caracterização Sedimentológica da Praia de Morro Branco, Litoral Leste Cearense: uma análise espaço-temporal. **Revista Brasileira de Geografia Física**, [s. l.], v. 14, n. 7, p. 3788-3803, 31 dez. 2021. *Revista Brasileira de Geografia Física*. <http://dx.doi.org/10.26848/rbgf.v14.7.p3788-3803>.

CAMARGO, M. G. SYSGRAN: um sistema de código aberto para análises granulométricas do sedimento. **Revista Brasileira de Geociências**, [s. l.], v. 36, n. 2, p. 371-378, 2006.

COLEMAN, A. ADEPT Collections. 2001. Disponível em: <http://piru.alexandria.ucsb.edu/collections/geography3b/NEWlectures/lecture09.htm>. Acesso em: 15 out 2023.

CORREIA, Iaggo Oliveira; GUIMARÃES, Junia Kacenelenbogen; SILVA, Iracema Reimão. Dinâmica de ondas e erosão costeira na desembocadura do rio Itapicuru, litoral norte do Estado da Bahia. **Quaternary And Environmental Geosciences**, Rio de Janeiro, v. 14, n. 1, p. 1-13, 8 out. 2023. Anual. Universidade Federal do Parana. <http://dx.doi.org/10.5380/abequa.v14i1.73254>. Disponível em: <https://revistas.ufpr.br/abequa/article/view/73254/50439>. Acesso em: 04 fev. 2024

HOEFEL, F. G. **Morfodinâmica de praias arenosas oceânicas**: uma revisão bibliográfica. Itajaí: Editora da UNIVALI, 1998.

FOLK, R.L. and WARD, W.C. Brazos River Bar: a study in the significance of grain size parameters. **Journal of Sedimentary Petrology**, [s. l.], v. 27, p. 3-26, 1957.

GOUVEA JR, W. C.; FERNANDES, D.; CASTRO, J. W. de A. Análise das variáveis físicas e dinâmicas do Índice de Vulnerabilidade Costeira (IVC) na enseada da Baía Formosa, Região dos Lagos Fluminense, Estado do Rio de Janeiro. **Revista Brasileira de Geomorfologia**, [s. l.], v. 23, n. 4, p. 1812-1833, 2022. DOI: 10.20502/rgb.v23i4.2144.

GUIMARÃES, M. B. **Gerenciamento de uma Agência de Bacia Hidrográfica através do PMBOK**. TCC em Gerenciamento de Projetos. Pós-graduação em Gerenciamento de Projetos, visão PMBOK. Universidade Estácio de Sá. Campus Tom Jobim. Rio de Janeiro. 98 páginas. [S. l.]: 2014.

GUIMARAES, Maria Bernadete. A INTEGRAÇÃO DA GESTÃO DAS BACIAS HIDROGRÁFICAS COM AS ZONAS COSTEIRAS: es/brasil. **Anais do I Congresso Nacional de Sustentabilidade On-Line: Uma abordagem social, ambiental e econômica**, [S.L.], v. 4, n. 1, p. 1-100, 2 jun. 2023. Revista Multidisciplinar de Educação e Meio Ambiente. <http://dx.doi.org/10.51189/conasust/19250>. Disponível em: <https://ime.events/conasust2023/pdf/19250>. Acesso em: 04 fev. 2024

HALLEGATTE, S.; GREEN, C.; NICHOLLS, R.J; CORFEE-MORLOT, J. Future flood losses in major coastal cities. **Nature Climate Change**, [s. l.], v. 3, p. 802–806, 2013.

HANSON, S *et al.* A global ranking of port cities with high exposure to climate extremes. **Climatic Change**, [s. l.], v. 104, p. 89-111, 2011.

INMAN, D. L. Littoral Cells. In: SCHWARTZ, M. (ed.) **Encyclopedia of Coastal Science**. The earth Science Encyclopedia on line. 1-20 p. 2003. Disponível em: <http://escholarship.org/uc/item/61p812hc?query=littoral%20cell>. Acesso em: 27 nov. 2023.

JELEN, Bill.; SYRSTAD, Tracy. **VBA e MACROS: Microsoft Excel 2019**. Rio de Janeiro, 2021.

KOMAR, P. D. **Beach processes and erosion-an introduction**. In: KOMAR, P. D; MOORE, R (ed). Boca Raton, CRC Press, 1983. p.1-20.

KRUMBEIN, J. C. Size frequency distributions of sediments. **Journal of Sedimentary Petrology**, v. 4, p. 65-77, 1934.

LIMA, S. F. *et al.* **ANASED - Programa de Análise, Classificação e Arquivamento de Parâmetros sedimentológicos**. In: VIII CONGRESSO DA ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE ESTUDOS DO QUATERNÁRIO, Mariluz, IMBÉ. Boletim de Resumos. Porto Alegre. ABEQUA, v. 01, 2001.

WENTWORTH, C.K. **A scale of grade and class terms for clastic sediments**. *Journal of Geology*. 30: 377-392p. 1922.

WILLCOCK, J. A. Os paleoambientes da Província Costeira do Rio Grande do Sul e a possível ocorrência de antigos manguezais na costa sul do Brasil. **Anais I Simpósio sobre Ecossistemas da Costa Sul e Sudeste Brasileira** - Síntese dos Conhecimentos, Publ. ACIESP, São Paulo, v. 1, n. 54, p. 132-137, 1987.

WONG, P. P. *et al.* Coastal systems and low-lying areas. In: IPCC – INTERGOVERNMENTAL PANEL ON CLIMATE CHANGE. **Climate change 2014: impacts, adaptation, and vulnerability – Part A: global and sectoral aspects.** Cambridge, United Kingdom: Cambridge University Press, 2014. p. 361-410.

MCLACHLAN, A. The definition of sandy beaches in relation to exposure: a simple rating system. **South African Journal of Science**, [s. l.], v. 76, p. 137-138, 1980.

McLAREN, P. An interpretation of trends in grain size measures. **Journal of Sedimentary Petrology**, [s. l.], v. 51, n. 2, p. 611-624, 1981.

McLAREN, P., and BOWLES, D. The Effects of sediment transport on grain size distributions. **Journal of Sedimentary Petrology**, [s. l.], v. 55, n. 4, p. 457-470, 1985.

MONROE, James S. **Fundamentos de Geologia**. São Paulo: Cengage, 2009

POND, S.; PICKARD, G. L. **Introductory Dinamical Oceanography**. 2nd edition. New York: Pergamon press, 1989.

QUEIROZ, E.V. **Caracterização dos sedimentos superficiais de fundo do complexo recifal de Maracajaú, RN, Brasil**. 2008. 178 p. Dissertação (Mestrado em Geodinâmica e Geofísica) - Universidade Federal do Rio Grande do Norte, 2008,

SASAKI, T. O. **Proc. Coast. 1980**. Zone. ASCE, 3197-3209.

SCHERER, Marinez Eymael Garcia *et al.* **Faixa de fronteira litorânea e marinha: necessidade de gestão integrada e com base ecossistêmica**. In: PÊGO, Bolívar; NAGAMINE, Líria; KRÜGER, Caroline; MOURA, Rosa (org.). **Fronteiras do Brasil: o litoral em sua dimensão fronteiriça**. Brasília, DF: Ipea, 2023. p. 406-431. DOI: <http://dx.doi.org/10.38116/978-65-5635-067-7/capitulo15>.

SOUZA, C. R. G, Souza AP e Braga ES. 2023. **Mapa de risco de erosão costeira para o Estado de São Paulo: versão 2022**. In: IV Congresso Brasileiro de Redução de Riscos e Desastres, Vitória-ES, 9 a 12 de outubro de 2023, Boletim de Resumos.

SOUZA, C. R. de G.; LUNA, G. C. Variação da linha de costa e balanço sedimentar de longo período em praias sob risco muito alto de erosão no município de Caraguatatuba (Litoral Norte de São Paulo, Brasil). *Revista de Gestão Costeira Integrada / Journal of Integrated Coastal Zone Management*, v. 10, n. 2, p. 179-199. 2010.

SOUZA C. R. G, SILVA, P. L.; SILVA, V. D. M. **Banco de dados de eventos meteo-oceanográficos intensos/extremos para a Baixada Santista – SP: 1928-2021**. In: I Fórum de Mudanças Climáticas e Recursos Hídricos do Guarujá, 23/03/2022, Guarujá-SP, Resumos, 2022.

SOUZA, C. R. de G. **As Células de Deriva Litorânea e a Erosão nas Praias do Estado de São Paulo**. Tese de Doutorado – Universidade de São Paulo, 1997.

SOUZA, C.R de G.; SUGUIO, K. Método morfo-sedimentológico para a identificação de células de deriva litorânea. **Geosul**, Florianópolis, v. 14, n. 27, p. 243-247 p. 1998.

SOUZA, C. R. G.; SUGUIO, K. The coastal erosion risk zoning and the São Paulo Plan for Coastal Management. **Journal of Coastal Research**, [s. l.], v. 35, p. 530-547, 2003.

SOUZA, C. R de G. Determination of net shore-drift cells based on textural and morphological gradations along foreshore of sandy beaches. **Journal of Coastal Research**, v. 50, 2007.

SOUZA, C. R. G.; MOREIRA, M. G.; LOPES, E. A. Coastal plain and low-medium slope sub-biomes: a new approach based on studies developed in Bertioga (SP). **Brazilian Journal of Ecology**, Ano 13, nº ½, p. 29-39, 2009.

SOUZA, C. R. G. **A Erosão nas Praias do Estado São Paulo: Causas, Conseqüências, Indicadores de Monitoramento e Risco**. In: Memórias do Conselho Científico da Secretaria do Meio Ambiente: A Síntese de um Ano de Conhecimento Acumulado. V.L.R. Bononi, Nelson A.S.Jr. (org.). SMA/SP - Instituto de Botânica, São Paulo, p. 48-69. 2009a.

SOUZA, C.R. de G. Flood risk assessment in coastal drainage basins through a multivariate analysis within a GIS-based model. **Journal of Coastal Research**, [s. l.], v. 56, n. 1, p. 900-904, 2009b.

SUGUIO, K. **Introdução à sedimentologia**. São Paulo: Edgar Bluncher, 1973.

TAGGART, B. E. SCHWARTZ, M. L. Methods of net shore-drift Direction determination: a systematic approach. **Journal of Shoreline Management**, [s. l.], v. 3, n. 4, p. 285-309, 1988.

BIBLIOGRAFIA CONSULTADA

CLIMATE-DATA.ORG. **Guarujá Clima (Brasil). 2023.** Disponível em: <https://pt.climatedata.org/america-do-sul/brasil/sao-paulo/guaruja-10723/>. Acesso em: 29 nov. 2023.

CLIMATE-DATA. **Bertioga Clima (Brasil). 2023.** Disponível em: <https://pt.climate-data.org/america-do-sul/brasil/sao-paulo/bertioga-34769/>. Acesso em: 29 nov. 2023.

COMPANHIA DE PESQUISA DE RECURSOS MINERAIS - SERVIÇO GEOLÓGICO DO BRASIL - CPRM. 2006. Mapa Geológico do Estado de São Paulo: Breve descrição das unidades litoestratigráficas aflorantes no Estado de São Paulo. Escala 1:750000. 173p.

DEPARTAMENTO DE ÁGUAS E ENERGIA ELÉTRICA – DAEE. **Banco de dados pluviométricos.** Disponível em: <https://ph.daee.sp.gov.br/Pluviometricos/>. Acesso em: 29 nov. 2023.

RSTUDIO TEAM. **RStudio:** Integrated Development for R. RStudio, Inc., Boston. 2016. Disponível em <<http://www.rstudio.com>>. Acesso em: 20 nov. 2023.

SCOPUS. 2023. Disponível em: <https://www.scopus.com>. Acesso em: 25 out. 2023.

TIPOS DE MARÉS: PREIA-MAR E BAIXA-MAR; MARÉS VIVAS E MARÉS MORTAS. Disponível em: <http://www.tabuademares.com/mares/tipos-mares>. Acesso em: 29 nov. 2023.

DADOS CURRICULARES

IDENTIFICAÇÃO	
	GEOVANI FERREIRA 02/08/1972
Nacionalidade	brasileira
Nome em citações bibliográficas:	Ferreira, Geovani Ferreira, G.
Currículo Lattes	https://lattes.cnpq.br/8149281985145717
ORCID	https://orcid.org/0009-0001-7692-4918
FORMAÇÃO ACADÊMICA	
2004/2007	Bacharel em Ciências – Habilitação em Química - Faculdades Oswaldo Cruz, FOC, São Paulo -SP -Brasil
2016/2018	Complementação Pedagógica no Ensino da Química – Faculdade Mozarteum de São Paulo – SP - Brasil

PRODUÇÃO BIBLIOGRÁFICA
FERREIRA, G.; MACIEL, G, F.; FERREIRA, F, O. Construção de Ferramentas Computacionais para Auxiliar nos Estudos de Processos Costeiros em Praias Arenosas. <i>In: VI Seminário Nacional do ProfÁgua, 2024, Brasília. Anais do VI Seminário Nacional do ProfÁgua.</i> São Carlos, SP: Comissão Editorial -RIMA EDITORA, 2024, p.1 - 495.
PARTICIPAÇÃO EM BANCAS E ORIENTAÇÕES
Orientações
MONTENEGRO, A, L. Processo Oxidativo Avançado , 2008. Orientador: Geovani Ferreira. 2011. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Química) - Universidade Presbiteriana Mackenzie, São Paulo, 2008.
PARTICIPAÇÃO EM EVENTOS CIENTÍFICOS
1º Seminário de Educação em Geociências para a Redução de Risco de Desastres, 2024. (São Paulo – SP) (Participação Seminário).
1º Seminário de Educação em Geociências para a Redução de Risco de Desastres, 2024. (São Paulo – SP) (Apresentação de Seminário), Tema: Construção de

Ferramentas computacionais para auxiliar estudos de processos costeiros em praias arenosas.

Créditos de Carbono, Conceitos e Aspectos Contábeis, 2024. (São Paulo – SP) (Encontro).

Exposição da População a substâncias perigosas presentes na água, 2024. (São Paulo – SP) (Encontro).

Gestão de Risco de desastre numa perspectiva de gênero, 2024. (São Paulo – SP) (Participação Seminário).

III Fórum Online de Educação, Meio Ambiente e Sustentabilidade, 2024. (São Paulo – SP) (Encontro).

Live - Eventos Climáticos Extremos - Caso do Rio Grande do Sul, 2024. (São Paulo – SP) (Encontro).

O Brasil na década dos Oceanos (2021-2030), 2024. (São Paulo – SP) (Participação Seminário).

Produção de Mapas sobre Biodiversidade e Conservação no Software Qgis, 2024. (São Paulo – SP) (Oficina).

Seminário Eventos Climáticos Extremos e a Gestão da calamidade pública - caso do Rio Grande do Sul, 2024. (São Paulo – SP) (Participação Seminário).

Seminário e Fórum Compliance Ambiental Aplicado ao Agronegócio, 2024. (São Paulo – SP) (Participação Seminário).

Seminário e Fórum online Bacias Hidrográficas – Bases da Sustentabilidade, 2024. (São Paulo – SP) (Participação Seminário).

Seminário e Fórum online Bacias Hidrográficas – Bases da Sustentabilidade, 2024. (São Paulo – SP) (Participação Seminário).

VI Seminário Nacional do ProfÁgua, 2024. (Brasília – DF) (Apresentação Seminário)
CONSTRUÇÃO DE FERRAMENTAS COMPUTACIONAIS PARA AUXILIAR NOS ESTUDOS DE PROCESSOS COSTEIROS EM PRAIAS ARENOSAS.

Webinar - Implementação do Marco Legal do Saneamento Básico para o Estado Goiás, 2024. (São Paulo – SP) (Participação Seminário).

Apresentação de Poster / Painel no(a) XV Simpósio sobre Ondas, Marés, Engenharia Oceânica e Oceanografia por Satélite, 2023. (Exposição) Processos erosivos crônicos e a variabilidade temporal de células de deriva litorânea na Praia da Enseada - Guarujá/SP.