

Caracterização Física de Conchas em Depósitos Bioclásticos: Triagem, Medição e Análise

Arthur Kwiecinski¹, Ana Luiza de Oliveira Borges² & Eduardo Puhl³

Resumo: A análise de conchas em depósitos sedimentares é fundamental para a compreensão de processos tafonômicos e paleoambientais. Este trabalho investiga a relação entre atributos físicos e hidrodinâmicos de conchas naturais para permitir correlações mais refinadas com os processos de transporte e deposição. A metodologia consistiu na triagem de amostras, medição de parâmetros geométricos, da massa e a realização de ensaios em tubo de queda para determinação da velocidade terminal. Os resultados revelaram uma espessura heterogênea, sendo maior na extremidade externa e menor no umbo. Observou-se baixa correlação (10%) entre a área de projeção horizontal e a massa, enquanto o diâmetro nominal e a velocidade de queda apresentaram correlações significativas de 61% e 75%, respectivamente. Conclui-se que o diâmetro nominal e a massa são preditores mais robustos para o comportamento hidrodinâmico do que a área plana, fornecendo dados quantitativos que refinam as interpretações sedimentológicas de depósitos bioclásticos.

Abstract: The analysis of shells in sedimentary deposits is fundamental to understanding taphonomic and paleoenvironmental processes. This study investigates the relationship between the physical and hydrodynamic attributes of natural shells to enable more refined correlations with transport and depositional processes. The methodology consisted of sample screening, measurement of geometric parameters and mass, and the conduction of settling tube experiments to determine terminal velocity. Results revealed heterogeneous thickness being greater at the outer margin and smaller at the umbo. A low correlation (10%) was observed between the horizontal projected area and mass, while nominal diameter and settling velocity showed significant correlation of 61% and 75%, respectively. It is concluded that nominal diameter and mass are more robust predictors of hydrodynamic behavior than the planar area, providing quantitative data that refine the sedimentological interpretations of bioclastic deposits.

Palavras-Chave: hidrosedimentologia, velocidade de queda, conchas naturais, bioclastos

Keywords: hidrosedimentology, settling velocity, natural shells, bioclasts

INTRODUÇÃO

Os depósitos bioclásticos (FICK et al., 2019) são formados pelo acúmulo de fragmentos de organismos, como conchas e corais, e se constituem em fontes de informação sobre os processos sedimentares essenciais, pois registram importantes informações sobre os processos tafonômicos e paleoambientais em antigos ambientes costeiros. O estudo detalhado das conchas nesses depósitos é fundamental para compreender os mecanismos de transporte, deposição e preservação dos sedimentos carbonáticos.

A caracterização física desses fragmentos fornece parâmetros quantitativos cruciais que complementam as interpretações sedimentológicas e experimentais. Como demonstrado por Simões

¹ Núcleo de Estudos de Correntes de Densidade (NECOD), Instituto de Pesquisas Hidráulicas (IPH), Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS), arthurkwiecinski28@gmail.com

² Núcleo de Estudos de Correntes de Densidade (NECOD), Instituto de Pesquisas Hidráulicas (IPH), Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS), alborges@iph.ufrgs.br

³ Núcleo de Estudos de Correntes de Densidade (NECOD), Instituto de Pesquisas Hidráulicas (IPH), Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS), eduardo.puhl@ufrgs.br

et al. (2005) em estudos clássicos com braquiópodes, a velocidade terminal e a trajetória de queda das conchas na coluna de água são fortemente controladas por atributos morfométricos específicos. Os autores constataram que a massa, a área de projeção horizontal e o espessamento (maior densidade umbonal) são os principais preditores do comportamento hidrodinâmico dessas partículas. Neste sentido, o trabalho busca caracterizar a espécie *Anomalocardia brasiliana*, originária de depósitos associados a subambientes de planície de maré, margem lagunar e planícies de deflação eólica (FORNARI et al., 2012).

MÉTODOS

Origem do Material

O material biogênico é originário da região de Jaguaruna e Laguna (SC), compreendendo espécimes inteiros, bivalves desarticulados e fragmentados com granulometria variando nas classes de cascalho a silte/argila. A identificação taxonômica seguiu os critérios estabelecidos por Fornari et al. (2012), destacando-se a predominância da espécie *Anomalocardia brasiliana*, presente em mais de 80% do material.

Triagem

A etapa inicial envolve a separação das amostras de conchas e fragmentos, com o propósito de criar grupos homogêneos para as medições físicas subsequentes. Esta separação inicial foi realizada em três categorias, sendo elas: conchas bivalves inteiras, conchas com bioerosão e outras espécies (corais e gastrópodes, inteiros e fragmentados).

Seleção

Após a triagem inicial, procedeu-se à fase de seleção e pesagem. Foram selecionados 10 espécimes íntegros da classe granulométrica de 4,75 mm, por ser esta a fração de maior abundância no material total disponível após o peneiramento. A seleção por malha de peneira, no entanto, representa uma medida aproximada, visto que a geometria irregular das conchas pode resultar em dimensões distintas daquela do intervalo da peneira.

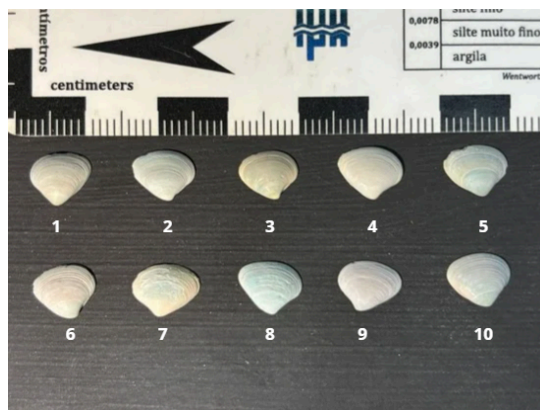


Figura 1 – Foto das 10 conchas selecionadas (foto do autor).

Medições físicas

A etapa de medição é dedicada à quantificação dos parâmetros geométricos de cada concha selecionada, utilizando instrumentos de precisão, como o paquímetro e o micrômetro. Foram medidas as três dimensões fundamentais com o paquímetro: altura (eixo menor), largura (eixo intermediário) e comprimento (eixo maior). A partir destas dimensões obteve-se o Diâmetro Nominal conforme a expressão: $D_n = (L * I * S)^{1/3}$ onde L, I e S representam, respectivamente, o comprimento (eixo maior), a largura (eixo intermediário) e a altura (eixo menor). Também, com o emprego de micrômetro, foi medida a espessura de cada concha, considerando três pontos ao longo do seu corpo: o umbo, a região central e a margem posterior (extremidade oposta ao umbo). Complementarmente, as áreas de projeção frontal foram obtidas por meio de fotografias em lupa estereoscópica e processadas no software AutoCAD, garantindo que as dimensões planificadas fossem registradas com maior precisão.

Tubo de queda

Para os ensaios, um tubo de queda com dimensões 0,5 m x 0,5 m x 2 m foi construído (figura 2). A principal melhoria em relação ao antigo tubo de queda utilizado foi a adoção de paredes retangulares, substituindo o tubo circular anterior. Esta alteração foi crucial para minimizar a difração e as distorções visuais que comprometiam a qualidade da imagem capturada.

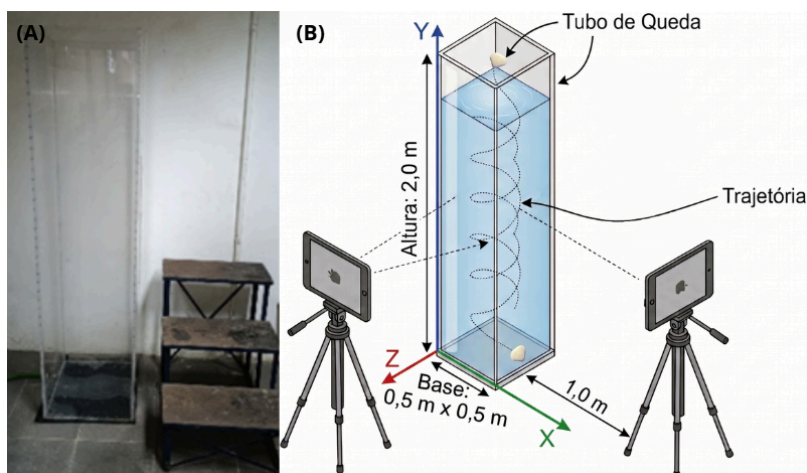


Figura 2 – (A) Foto do tubo de queda (foto do autor) (B) Ilustração do Ensaio (Imagem gerada por inteligência artificial).

Configuração de câmeras para ensaio

O movimento dentro do tubo de queda foi registrado simultaneamente por duas câmeras posicionadas em ângulos distintos para garantir uma observação completa da trajetória da concha. Os vídeos foram feitos por dois iPads posicionados nas laterais do tubo, capturando imagens nos planos XZ e YZ.

Velocidade em tubo de queda

Por fim, foi determinada a velocidade de descida em tubo de queda contendo uma coluna de água de 2m de altura. Este experimento foi realizado liberando cada concha, individualmente e com a concavidade para cima, na parte superior do tubo (superfície livre).

Análise de vídeos

Os vídeos capturados pelos dois iPads (vistas XZ e YZ) foram importados para o software Kinovea. Utilizando a funcionalidade de “Traçar Caminho” (ou Path Tracking), o movimento da concha foi meticulosamente demarcado, quadro a quadro, a partir do instante inicial da queda.

A partir dos dados de movimento obtidos pelo Kinovea (figura 3), foi possível gerar gráficos que representam o deslocamento da concha em dois planos, e analisar suas velocidades.

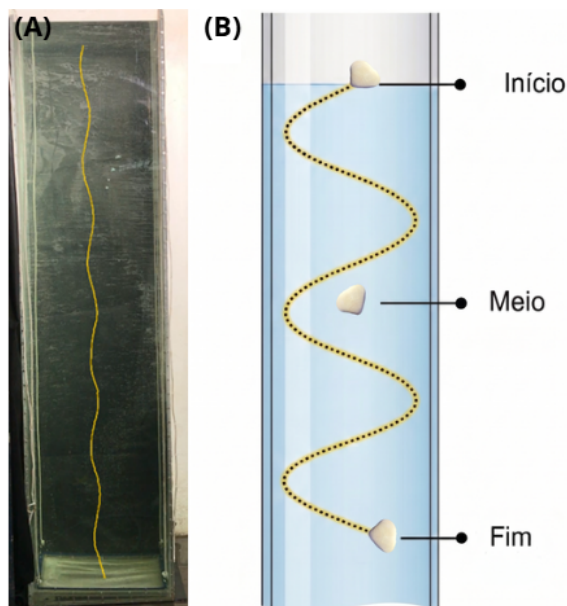


Figura 3 – (A) Exemplo de como a trajetória da concha fica após traçar o caminho no software Kinovea (B) Imagem gerada por inteligência artificial simulando a trajetória da concha.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os parâmetros físicos e hidrodinâmicos obtidos para cada espécime estão apresentados nas Figuras 4 e 5. Estes dados foram compilados e submetidos a uma análise estatística no software Excel para a determinação das correlações entre variáveis.

Medidas					
Dados:	Concha 1	Concha 2	Concha 3	Concha 4	Concha 5
Altura(mm)	2,65	2,55	2,45	2,55	2,45
Largura (mm)	7,30	7,25	7,10	7,35	7,35
Comprimento (mm)	8,6	9,4	9,0	9,3	9,0
Espessura Ponta (mm)	0,433	0,459	0,475	0,485	0,428
Espessura Meio (mm)	0,457	0,468	0,456	0,443	0,397
Espessura Umbo (mm)	0,414	0,455	0,448	0,375	0,387
Área Projetada em X (mm ²)	48,20	52,36	45,15	48,64	47,48
Velocidade de Queda (cm/s)	0,145	0,138	0,132	0,142	0,132
Massa (g)	0,070	0,066	0,061	0,070	0,061
Diâmetro Nominal (mm)	5,500	5,580	5,390	5,586	5,452

Figura 4 – Planilha de dados medidos concha 1 a concha 5.

Medidas					
Dados:	Concha 6	Concha 7	Concha 8	Concha 9	Concha 10
Altura(mm)	2,70	2,40	2,75	2,30	2,55
Largura (mm)	7,45	7,10	7,25	7,15	7,40
Comprimento (mm)	8,75	8,40	9,15	9,00	8,90
Espessura Ponta (mm)	0,515	0,452	0,459	0,418	0,506
Espessura Meio (mm)	0,463	0,505	0,482	0,354	0,484
Espessura Umbo (mm)	0,423	0,525	0,454	0,321	0,429
Área Projetada em X (mm ²)	46,21	40,56	45,36	45,09	47,03
Velocidade de Queda (cm/s)	0,142	0,122	0,146	0,132	0,142
Massa (g)	0,070	0,061	0,073	0,060	0,075
Diâmetro Nominal (mm)	5,604	5,231	5,671	5,290	5,517

Figura 5 – Planilha de dados medidos concha 6 a concha 10.

Heterogeneidade da espessura

A análise da espessura, que foi medida ao longo do eixo maior da concha, partindo do umbo e chegando até sua extremidade final, revelou uma distribuição não homogênea do material ao longo de sua estrutura. Observou-se consistentemente que as porções próximas ao contorno externo da concha oposto ao umbo tendem a ser mais espessas. Em contrapartida, a região do umbo e as porções mais próximas a ele demonstraram ser mais finas. Essa variabilidade na espessura é um fator importante a ser considerado, pois influencia diretamente na densidade e no centro de gravidade do fragmento.

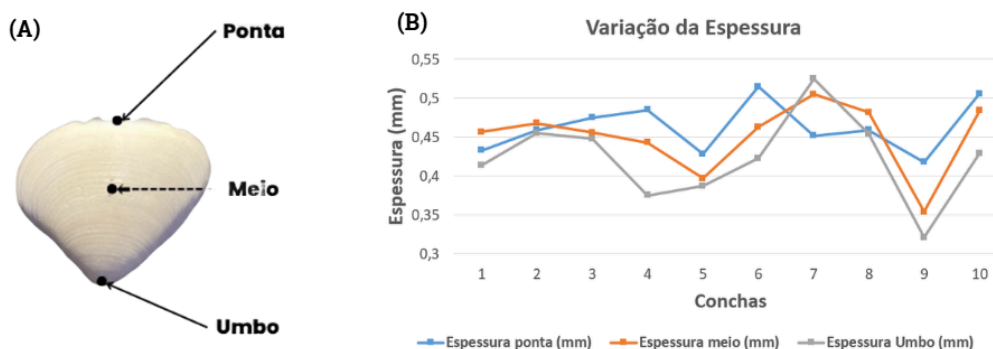


Figura 6 – (A) Exemplo de onde foram tiradas as medidas de espessura (B) Gráfico da variação de espessura.

Área vs Massa

A correlação entre a área de projeção horizontal da concha (área plana) e a massa individual das conchas demonstrou-se baixa, atingindo um coeficiente de correlação de apenas cerca de 10% (figura 7). Esse resultado sugere que conchas com áreas de projeção frontal similares podem possuir massas variadas. Isso se deve, provavelmente, à forte influência dos fatores morfológicos e estruturais que não são capturados pela área planificada da concha, como curvatura e volume interno.

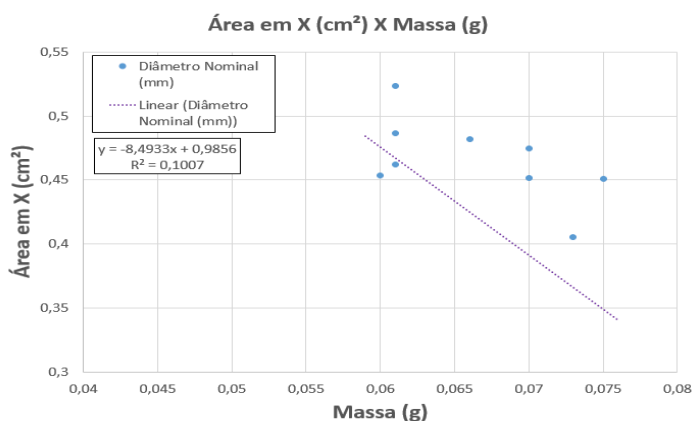


Figura 7 – Gráfico da variação da Área em X (mm²) versus a variação da Massa (g).

Diâmetro Nominal vs Massa

Em contraste com a área, a análise da correlação entre o diâmetro nominal e a massa individual das conchas apresentou um resultado significativamente melhor, alcançando cerca de 61% (figura 8). Essa correlação indica que a utilização do diâmetro nominal oferece uma previsão mais concreta e eficiente do que a área de projeção para estimar a massa da concha.

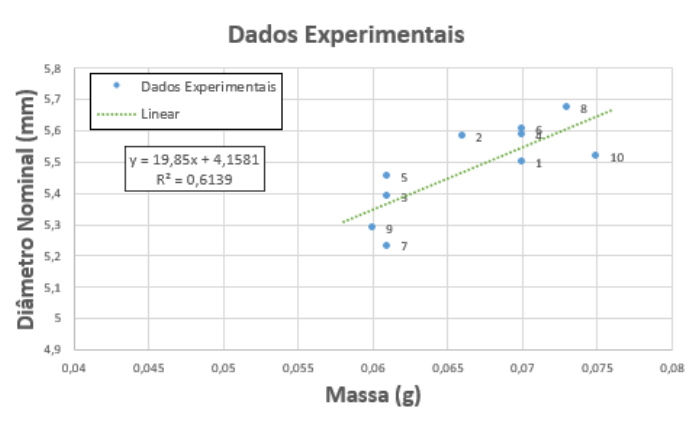


Figura 8 – Gráfico da variação do Diâmetro Nominal (mm) versus a variação da Massa (g).

Velocidade de queda vs Massa

Conforme esperado pela física do sedimento, a correlação entre a velocidade de queda e a massa das conchas foi elevada, atingindo aproximadamente 75% (figura 9). Esse valor confirma que conchas com maior massa tendem a se depositar mais rapidamente. Entretanto, a concha 7 apresentou-se como uma exceção a essa tendência. Observou-se que este espécime possuía a superfície significativamente mais lisa, com ausência de rugosidade superficial e sinais de abrasão. Acredita-se que essa morfologia diferenciada tenha alterado o comportamento hidrodinâmico da partícula.

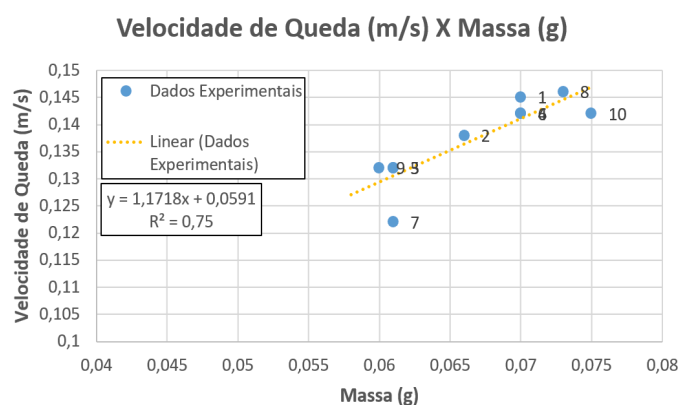


Figura 9 – Gráfico da variação Velocidade de Queda (m/s) versus a variação da Massa (g).

Velocidade de queda vs Massa/Área

A análise inicial da relação massa/área, considerando apenas os dados próprios, resultou em uma correlação de 16%, o que é atribuído à amostragem reduzida. No entanto, ao integrar os dados de Simões et al. (2005) ao gráfico (Figura 10), a tendência de que conchas com maior razão Massa/Área apresentam consistentemente as maiores velocidades de queda é confirmada por uma correlação elevada. A linha de tendência apresentada compara ambos os conjuntos de dados, validando a eficácia deste parâmetro preditivo e demonstrando que o comportamento hidrodinâmico permanece consistente mesmo entre espécimes com diferentes escalas de massas e dimensões.

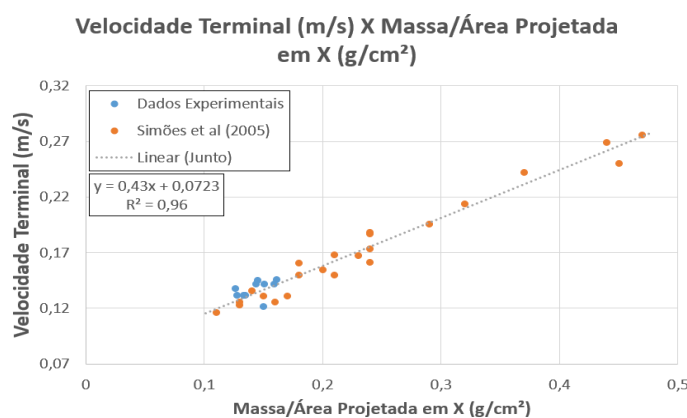


Figura 10 – Gráfico da variação Velocidade de Queda (m/s) versus a variação da razão Massa (g) / Área em X (cm²).

CONCLUSÃO

Os resultados confirmam, para a forma geométrica peculiar das conchas, que a massa é o parâmetro fundamental no controle da velocidade de queda das conchas bivalves, apresentando uma correlação de 75%. Esse achado confirma as observações feitas na literatura para braquiópodes (Simões et al., 2005). Verificou-se que o percurso de queda é marcado por trajetórias complexas de oscilação e rotação, padrão que também é reportado em ensaios com outros fragmentos bioclásticos (Castro et al., 2019).

Contudo identificou-se que o diâmetro nominal é um preditor mais robusto (61%) para o comportamento hidrodinâmico do que a área de projeção plana (10%). Esse dado diferencia o transporte na coluna d'água destas espécies bivalves em relação aos braquiópodes (Simões et al., 2005), nos quais a área de projeção horizontal exerce o controle primário. Por fim, constatou-se que a espessura destas conchas é heterogênea e concentrada no contorno externo, divergindo do padrão de maior densidade umbonal típico dos braquiópodes (Simões et al., 2005).

AGRADECIMENTOS

Agradecemos o apoio financeiro para realização desta pesquisa na UFRGS (T.C. Nº 0050.0125772.23.9) pelas empresas Pré-Sal Petróleo S.A. (PPSA) e ao Consórcio de Libra (Libra Group), que compreende Petrobras, Shell Brasil, Total Energies, CNODC e CNOOC Brasil. Agradecimentos especiais aos interlocutores do projeto: Leonardo Tedeschi (Petrobras/Libra/AT), Jian Zhao (CNODC/LIBRA/AT) e Cláudio Roisenberg (Petrobras).

REFERÊNCIAS

- Castro, C.; KOLLER, D. K.; GUIMARÃES, T. M. H.; BORGES, A. L. O.; PUHL, E. Comportamento Hidrodinâmico de Bioclastos. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE GEOLOGIA E GEOFÍSICA MARINHA, 2., 2019, Porto Alegre, Anais [...]. Rio de Janeiro: P2GM, 2019. p. 197-198.
- DAL'BÓ, P. F. et al. Coquinas da Formação Morro dos Chaves: Tafonomia, Diagênese, Porosidade e Classificação. Rio de Janeiro: Lagesed – Laboratório de Geologia Sedimentar, Universidade Federal do Rio de Janeiro, [2020].
- DA SILVA, F. R. S. et al. Threshold of Motion and Orientation of Bivalve Shells Under Current Flow. *Brazilian Journal of Geology*, v. 53, n. 1, e20220080, 2023. DOI: <https://doi.org/10.1590/2317-4889202320220080>.
- SIMÕES, Marcello Guimaraes; LEME, Juliana; RODRIGUES, Sabrina Coelho; JÚNIOR, Marcos César Bissaro. The settling pattern of brachiopod shells: Stratigraphic and taphonomic implication to shell bed formation and paleoecology. *Revista Brasileira de Geociências*, [2005]
- FICK, Cristiano; PUHL, Eduardo; TOLDO JR., Elirio Ernestino. Threshold of motion of bivalve and gastropod shells under oscillatory flow in flume experiments. *Sedimentology*, v.67, n.1, p. 627-648, 2019. DOI: <https://doi.org/10.1111/sed.12657>
- FORNARI, M., GIANNINI, P.C.F. and NASCIMENTO, D.R. (2012). Facies associations and controls on the evolution from a coastal bay to a lagoon system, Santa Catarina Coast, Brazil. *Mar. Geol.*, 323, 56–68.