

PARÂMETROS FÍSICOS DE SEDIMENTOS MARINHOS SUPERFICIAIS DA REGIÃO COSTEIRA DE CARAVELAS, SUL DA BAHIA

Lívia Carvalho Falcão e Arthur Ayres Neto

Recebido em 15 outubro, 2009 / Aceito em 18 fevereiro, 2010
Received on October 15, 2009 / Accepted on February 18, 2010

ABSTRACT. This research combines geological data obtained from core samples and geophysical properties in order to investigate how geological and sedimentological parameters affect the velocity of P-waves in near surface marine sediments. The velocity of P-waves (V_p), gamma density, acoustic impedance and magnetic susceptibility were correlated with core geology of four core of the coastal region of Caravelas, Bahia State. Geophysical properties were acquired using the MSCL (MultiSensor Core Logger). Core were opened and described according to grain size, color, compaction degree. Eight different kinds of sediments were recognized: shell, coarse to very coarse sand, medium sand, fine to very fine sand, sandy mud, compact mud, fluid mud, and very fluid mud. The results showed that, in general, the highest values of V_p and density and the lowest values of magnetic susceptibility are related to the coarser sediments. Very coarse sediments and shells showed erratic values basically due to the low compaction of these materials. The acoustic impedance and reflection coefficient profiles were useful to detect sediments interface. More detailed grain size analysis were conducted at the sandy mud section of core JP-112 and corroborated the relationship between V_p and grain size.

Keywords: P-wave velocity, magnetic susceptibility, shallow sediments, Caravelas.

RESUMO. Este trabalho combina informações obtidas por testemunhos de sondagem com dados adquiridos por perfilagem geofísica a fim de verificar a influência dos parâmetros geológicos e sedimentológicos na velocidade de ondas P em sedimentos marinhos superficiais. Dados de velocidade da onda compressional (V_p), densidade gama, impedância acústica e susceptibilidade magnética foram correlacionados com dados geológicos de quatro testemunhos coletados na zona costeira da cidade de Caravelas, estado da Bahia. As propriedades geofísicas foram obtidas utilizando como sistema de medição o perfilador multisensor de testemunhos (*MultiSensor Core Logger* – MSCL). Os testemunhos foram descritos segundo a geologia, cor e grau de compactação. Oito tipos distintos de sedimentos foram observados: conchas, areia grossa a muito grossa, areia média, areia muito fina a fina, lama arenosa, lama compacta, lama fluida e lama muito fluida. Os resultados mostram que, de maneira geral, os maiores valores de velocidade e densidade, inversamente proporcionais aos de susceptibilidade magnética, estão associados aos sedimentos de maior granulometria. Os valores de V_p para areia muito grossa e conchas mostrou-se errático devido à falta de compactação desses materiais. Os gráficos de impedância acústica e do coeficiente de reflexão facilitaram a identificação de interfaces e apresentaram coerência em relação aos perfis de velocidade e de densidade. Medições de granulometria foram realizadas na seção de lama arenosa do testemunho JP-112, para ratificar a relação da variabilidade dos parâmetros físicos com a classificação granulométrica utilizada para a caracterização dos quatro testemunhos.

Palavras-chave: velocidade da onda P, susceptibilidade magnética, sedimentos superficiais, Caravelas.

INTRODUÇÃO

Nenhuma técnica usada isoladamente pode fornecer evidências inequívocas sobre as características dos sedimentos. Algumas respondem à litologia, à porosidade e densidade, outras ao fluido encontrado nos poros (Ayres Neto, 1998).

As propriedades físicas de sedimentos marinhos estão diretamente relacionadas aos seus constituintes, ou seja, propriedades físicas no poro, arranjos estruturais e propriedades de contato entre grãos. Ayres & Theilen (1999) apresentaram resultados onde as relações entre velocidade de ondas acústicas, porosidade e densidade mostraram relação direta e de fácil aplicação no estudo das propriedades dos sedimentos marinhos.

As principais medidas físicas que serão investigadas no presente trabalho são: velocidade de ondas compressivas (V_p), densidade e susceptibilidade magnética. Através da perfilagem de testemunhos, estas propriedades fornecerão informações diretamente relacionadas à porosidade, índices de água, areia ou lama.

Medidas de V_p , densidade e susceptibilidade magnética em sedimentos coletados por testemunhos também foram realizadas no Cruzeiro 34/4 do navio Meteor, na região da plataforma continental do litoral norte do Brasil. As medições foram executadas em um sistema automático de perfilagem. Na Margem Nordeste Brasileira, em profundidades de até 870 cm, os registros médios para velocidade da onda compressional foram de 1489 a 1509 m/s, enquanto as densidades encontradas foram em torno de 1,647 a 1,724 g/cm³. As medidas de susceptibilidade magnética mostraram valores constantes em torno de 100×10^{-6} SI. Altas intensidades atingiram 427×10^{-6} SI na plataforma amazônica. Medições de V_p e densidade nesta região registraram de 1476 a 1534 m/s e 1,677 a 1,821 g/cm³, respectivamente (Frederichs et al., 1996).

A descrição visual de testemunhos nem sempre possibilita discriminar o tipo de sedimento, densidade, porosidade e propriedades geotécnicas, sendo necessário submeter o sedimento a uma série de análises laboratoriais (Figueiredo Jr. et al., 2008). Este trabalho combina informações obtidas por testemunhos de sondagem a dados adquiridos por perfilagem geofísica e, desta forma, pretende contribuir para o estudo das propriedades físicas dos sedimentos marinhos superficiais. Com baixo custo de operação e versatilidade de manuseio, a perfilagem geofísica proporciona resposta imediata do parâmetro medido.

Velocidade da onda compressional

Uma onda é definida como uma perturbação que viaja através de um meio. Ondas compressivas (ou ondas P) são ondas de

corpo, ou seja, ondas mecânicas que se propagam no interior de um meio elástico. O deslocamento de uma onda compressional em meios homogêneos causa vibração nas partículas na direção de sua propagação. Para meios homogêneos e isotrópicos, a velocidade da onda P é expressa pela Equação 1 (Schön, 1996):

$$V_p = \sqrt{\frac{k + \frac{4}{3}\mu}{\rho}} \quad (1)$$

onde k é o módulo de compressão (*Bulk modulus*), μ é o módulo de rigidez e ρ é a densidade. O módulo de rigidez representa a elasticidade longitudinal do material, enquanto o módulo de compressão correlaciona a redução do volume de um corpo sujeito à pressão (hidrostática) em três dimensões. De acordo com Woods (1991), os fatores controladores desses parâmetros nos sedimentos são: porosidade, pressão de confinamento, histórico de tensão, idade geológica, tensão cisalhante, grau de saturação, temperatura e taxa de sobre-adensamento. Em geral, como os sedimentos são compostos por diferentes materiais, suas propriedades elásticas irão depender das propriedades destes componentes.

Os fatores controladores da velocidade de ondas compressivas em sedimentos marinhos são: porosidade, densidade e pressão. Hamilton & Bachman (1982) apresentaram resultados satisfatórios das correlações entre V_p , densidade e porosidade. Em geral, há uma tendência do aumento de V_p com o decréscimo da porosidade, e conseqüente aumento da densidade (Ayres Neto, 1998).

Densidade

A densidade de um material composto por n componentes é definida pela relação (Schön, 1996).

$$\rho = \sum_{i=1}^n \left(\frac{V_i}{V} \right) \rho_i \quad (2)$$

onde ρ_i é a densidade, V_i é o volume do componente i e a razão (V_i/V) é a fração do volume do componente i .

Segundo Schön (1996), a densidade dos sedimentos é controlada por: composição mineral, porosidade e condições de saturação. Como resultado de diferenças diversas entre os valores da densidade na matriz e do fluido intersticial, existe uma forte correlação entre densidade e porosidade. Para um dado tipo de sedimento, há uma ampla faixa de valores de densidade que refletem variações de porosidade e saturação. O aumento da porosidade causa a diminuição da densidade, porém, a correlação exata é controlada pela densidade da matriz e do fluido presente no espaço poroso (Schön, 1996).

Assim, o processo físico dominante para o aumento da densidade é a redução do espaço poroso (Schön, 1996), que ocorre pelo ou por processos de compactação ou pelo preenchimento dos poros por processos diagenéticos, principalmente cimentação.

Susceptibilidade magnética

De acordo com Sheriff (1999), a susceptibilidade magnética é uma medida do grau segundo o qual uma determinada substância pode ser magnetizada e representa a razão entre a magnetização (M) e a força magnetizante (H):

$$k = M/H \text{ (sistema SI)} \quad (3)$$

onde M é o momento magnético por unidade de volume e H é a medida da influência de um magneto no espaço circundante. A susceptibilidade magnética é uma propriedade física intrínseca das rochas e solos, constituindo uma grandeza adimensional.

Nos minerais, o magnetismo é normalmente associado à quantidade de ferro presente em sua estrutura. O modo mais fácil de medir o grau de magnetização de um material é expondo-o a um campo magnético.

O magnetismo nos sedimentos inclui os minerais ferromagnéticos, que adquirem magnetização remanescente (óxido de ferro, magnetita e maguemita, sulfeto e sulfato de ferro, pirrotita), e também substâncias pouco magnéticas, como os minerais paramagnéticos encontrados em sedimentos marinhos (argilas ricas em ferro, particularmente, clorita, esmectita e illita) (Ellwood et al., 2000). Há também a calcita e o quartzo, abundantes em sedimentos marinhos. Estes minerais tipicamente adquirem susceptibilidade magnética negativa quando expostos a um campo magnético induzido. Portanto, fatores tais como alterações na produtividade biológica ou taxas de acúmulo de carbono orgânico podem causar variações nos valores da susceptibilidade magnética (Ellwood et al., 2000).

Medidas realizadas por Ellwood et al. (2006) em sedimentos marinhos superficiais no Golfo do México, indicam que partículas ferromagnéticas muito finas costumam associar-se a sedimentos argilosos, provocando uma elevação da susceptibilidade magnética neste tipo de sedimento. Os mesmos autores revelam que valores baixos de susceptibilidade magnética estão associados à presença de carbonatos e quartzos, encontrados nas areias das margens leste e sul do Golfo.

ÁREA DE ESTUDO

A área de estudo localiza-se na região costeira da cidade de Caravelas, extremo sul do estado da Bahia (Fig. 1). A plataforma

continental da Margem Leste Brasileira estende-se desde a Ponta do Calcanhar – RN até as proximidades da cidade de Itapemirim – ES, apresentando, aproximadamente, 2200 km de linha de costa. Sua largura máxima de 246 km encontra-se em Caravelas – BA e se estende ao sul de Vitória – ES. Este alargamento foi causado por efeito de um vulcanismo de grande amplitude e também está associado aos efeitos da contribuição fluvial de maior porte (França, 1979). De acordo com Campos et al. (1973), essas intrusões vulcânicas constituem o embasamento mais favorável para o desenvolvimento das estruturas biogênicas, como corais e algas calcárias.

A evolução Quaternária da região costeira de Caravelas foi fortemente controlada por variações relativas no nível do mar que, associadas ao desenvolvimento do complexo recifal de Abrolhos (entre 20 e 70 km da linha de costa), desempenharam importante papel na dispersão e acumulação sedimentar ao longo da linha de costa. Por este aspecto, esta região apresenta peculiaridades que a distinguem das demais planícies costeiras do Brasil (Andrade et al., 2003).

A pequena profundidade da plataforma da região Nordeste/Leste permite supor que toda ela esteja atualmente sendo retrabalhada por ondas e correntes, retrabalhamento esse que deve ser menos ativo na plataforma externa. As areias terrígenas internas estão submetidas a uma presente mobilização, a qual impede a colonização biogênica próximo ao litoral (Kowsmann & Costa, 1979).

Em contraste com a predominância de sedimentação carbonática na maioria dos recifes dos mares tropicais, os recifes costeiros de Abrolhos estão circundados por sedimentos lamosos com 40 a 70% de areias quartzosas e minerais de argilas (Leão, 2002).

A produção de sedimento carbonático a partir dos organismos recifais gera uma transição de fácies sedimentares, caracterizada pela dominância de sedimentos siliciclásticos, na zona costeira, e sedimentos carbonáticos recifais costa afora.

Segundo Leão (2002), os sedimentos terrígenos que circundam os recifes costeiros têm duas origens principais: sedimento retrabalhado, oriundo da erosão dos depósitos terciários do Grupo Barreiras que cobrem grande parte da zona continental e aflora ao longo da costa, e sedimentos fluviais que podem alcançar os recifes, levados pelas correntes de deriva litorânea. Este sedimento siliciclástico é dominante ao longo da costa (>70%) e seu teor varia entre 30 e 60% nas áreas que circundam os recifes costeiros. Grãos de quartzo são os constituintes principais das frações grossas. Mica e minerais de argila ocorrem no sedimento lamoso acumulado nas partes mais

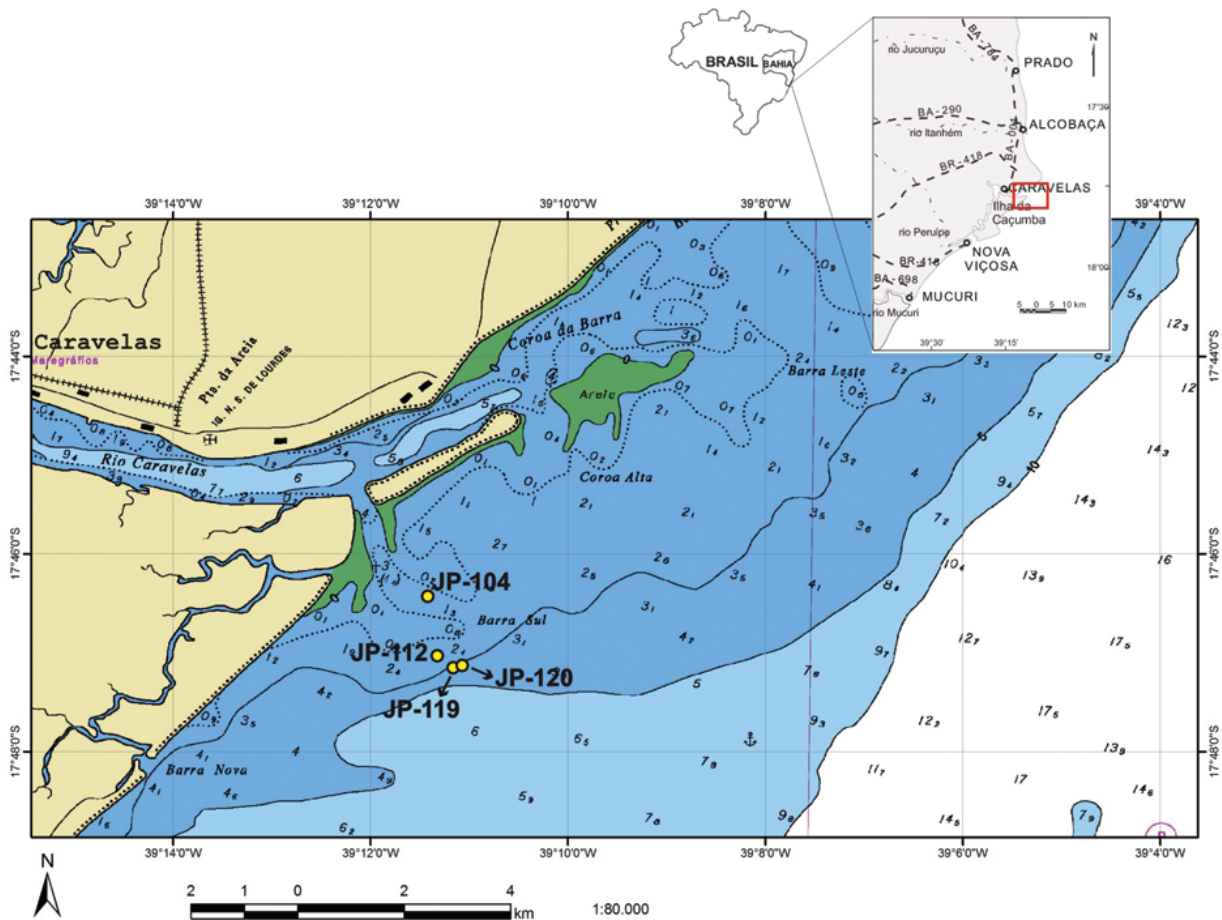


Figura 1 – Mapa batimétrico com a localização dos pontos de coleta dos testemunhos JP-104, JP-112, JP-119 e JP-120 (Carta Náutica 1310).

profundas dos canais interrecifais. Este sedimento lamoso pode atingir até 60% do material acumulado no fundo do lado protegido dos recifes costeiros.

METODOLOGIA

Nesta pesquisa foram utilizados quatro testemunhos (JP-104, JP-112, JP-119 e JP-120) com 3 m de comprimento, coletados nas proximidades da foz do rio Caravelas (Fig. 1), cujas coordenadas encontram-se na Tabela 1.

A metodologia deste estudo compreendeu 4 etapas: (i) levantamento bibliográfico sobre o comportamento dos parâmetros físicos em questão em sedimentos marinhos superficiais; (ii) medições de velocidade de ondas P, densidade gama e susceptibilidade magnética ao longo dos quatro testemunhos em intervalos de 1 cm utilizando o sistema de perfilagem MSCS da Geotek. O sistema de velocidade de ondas P consiste em dois transdutores de ultra-som na frequência de 250 kHz, posicionados em

lados opostos do testemunho, permitindo que a onda emitida em um seja detectada no outro (Figueiredo Jr. et al., 2008). O sensor de densidade gama constitui em uma cápsula de 10 mili-Curie de Césio 137 protegida em um invólucro de chumbo com um colimador de 2,5 e 5 mm, produzindo energia principalmente a 0,062 MeV (Figueiredo Jr. et al., 2008). O mecanismo de medida de densidade gama se dá pelo Efeito Compton. Os fótons emitidos pela fonte passam pelo testemunho e são detectados no outro lado. Nessa trajetória, os fótons sofrem espalhamento ao se chocarem com os elétrons presentes no testemunho, e conseqüentemente há perda de energia parcial, ou seja, atenuação dos raios gama. A atenuação, portanto, está diretamente relacionada ao número de elétrons no feixe de raios gama (espessura do testemunho e a densidade dos elétrons). Ao medir o número de fótons gama que passam através do testemunho, a densidade do sedimento pode ser determinada. O sistema para medidas de susceptibilidade magnética apresenta um circuito oscilador que produz um campo magnético alternante (0,565 kHz)

de baixa densidade, não saturado (aprox. 80 A/m RMS) que se modifica com a passagem de qualquer material com susceptibilidade magnética (Figueiredo Jr. et al., 2008); (iii) abertura, fotografia, análise e descrição. Para definição das cores foi utilizada a Tabela de Cores de Rochas (*Rock Color Chart*) editada pela GSA; (iv) correlação dos parâmetros petrofísicos com as características sedimentológicas observadas.

Tabela 1 – Localização e profundidade aproximada dos testemunhos coletados.

Amostra	Latitude (S)	Longitude (W)	Profundidade aproximada da coleta (m)
JP-104	17°46'51"	39°11'35"	0,6
JP-112	17°47'13"	39°11'24"	2,4
JP-119	17°47'21"	39°11'13"	3,0
JP-120	17°47'20"	39°11'08"	3,0

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A seguir será realizada uma análise da relação entre os valores das propriedades físicas encontrados nos perfis apresentados nas Figuras 3, 4, 5 e 6 e as respectivas características sedimentológicas do material que compõe os testemunhos, possibilitando a identificação das principais interfaces entre camadas de sedimentos. Basicamente, oito tipos de sedimentos foram identificados nos quatro testemunhos analisados: areia grossa a muito grossa, areia média, areia muito fina a fina, lama arenosa, lama compacta, lama fluida e lama muito fluida. Para facilitar a diferenciação sedimentológica do material, foi criada a legenda abaixo (Fig. 2).



Figura 2 – Legenda com os diferentes tipos de sedimentos identificados nas amostras.

Perfis de velocidade

Para Buckingham (2005), em sedimentos que variam desde o cascalho até a argila, um aumento da granulometria representa um aumento nos valores da velocidade.

De acordo com os valores apresentados na Tabela 2, a presença de lama arenosa provocou um aumento nas velocidades quando comparadas com a lama compacta. No testemunho

JP-119 as finas camadas de lama arenosa, inseridas em um pacote de lama compacta, foram identificadas pelas sucessivas elevações da velocidade. Na interface próxima a 2 m, o sinal homogêneo da lama compacta passa a apresentar um padrão serrilhado em decorrência da transição para lama arenosa (Fig. 5).

Vale ressaltar que, em alguns pontos das amostras, ambos os sedimentos tiveram valores reduzidos, chegando a registrar um mínimo de 1309,4 m/s na lama arenosa do testemunho JP-104. Este comportamento pode ser justificado pela presença de gás ou bolhas de ar nos poros do material, o que necessariamente implicaria em uma redução no valor da V_p .

O principal problema para medições em laboratório, de sedimentos saturados por água, é a presença de ar trapeado nos espaços porosos. Uma atenuação mais intensa do sinal pode ocorrer devido à existência de ar ou gás, originado da decomposição de material orgânico (Hamilton, 1972).

Nos primeiros 1,31 m do testemunho JP-104, o perfil de velocidade apresentou padrão serrilhado com grande variação, devido à presença de conchas com areia grossa a muito grossa. Neste intervalo, o sinal da velocidade aparece descontínuo e registra valores isolados, dentro de uma mesma faixa de variação (Fig. 3).

Com relação à variação dos valores encontrados para cada tipo de sedimento (Tab. 2), observou-se que a lama compacta com lama arenosa, as areias grossas a muito grossa e as conchas, apresentaram uma faixa ampla, enquanto as lamas fluida e muito fluida e a lama compacta mostraram uma faixa mais estreita. Este comportamento pode estar associado aos efeitos da heterogeneidade de cada material – o sedimento mais homogêneo (lama fluida e lama compacta) estaria menos susceptível a alterações na propagação. Esta heterogeneidade pode ocorrer devido à geometria das camadas de sedimento, ao grau de seleção das partículas, como também devido à própria proporcionalidade das misturas dos grãos (Macedo, 2006).

Perfis de densidade

Através dos perfis de densidade gama as principais diferenças nos acamamentos também foram registradas.

De maneira geral, ocorreram pequenas elevações na densidade em decorrência da presença de lama arenosa. O perfil homogêneo observado nas camadas de lama compacta dos testemunhos JP-104, JP-119 e JP-120, passa a apresentar um padrão serrilhado nas transições para a lama arenosa (Figs. 3, 5 e 6). A Tabela 3 evidencia esta diferença através dos valores médios encontrados para ambos os sedimentos.

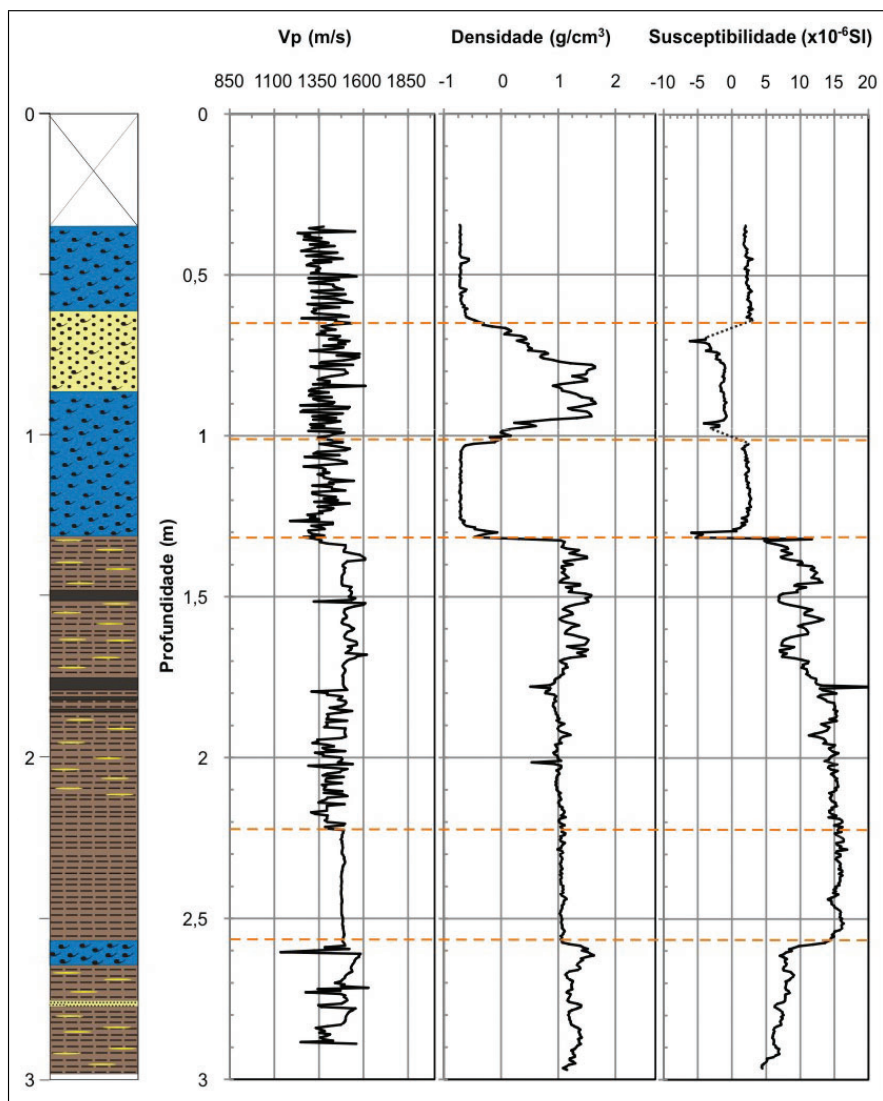


Figura 3 – Perfis de velocidade de ondas P, densidade gama e susceptibilidade magnética do testemunho JP-104. As linhas horizontais pontilhadas ressaltam as principais interfaces (ver legenda na Fig. 2).

Tabela 2 – Valores mínimo, máximo, média e desvio-padrão (DP) das velocidades encontradas para cada tipo de pacote sedimentar e resultados de V_p (m/s) em sedimentos marinhos superficiais obtidos de trabalhos anteriores.

Tipo de sedimento	Velocidade de onda P (m/s)									
	mínimo	máximo	média	DP	Trabalhos anteriores					
					Hamilton (1980)	Hamilton & Bachman (1982)		Macedo (2006)		
Conchas	1134,9	1584,3	1389,0	88,75	—	—		—		
Areia grossa a muito grossa	1253,5	1612,8	1426,3	83,49	1836		1836		—	
Lama arenosa	1309,4	1777,9	1535,1	32,70	mín 1579	máx 1652	1582		mín 1492	máx 1639
Lama fluida e muito fluida	1519,3	1553,1	1535,5	9,02	—	—		—		
Lama compacta	1385,6	1549,9	1505,3	14,86	1520	1615	1546		1493	1600

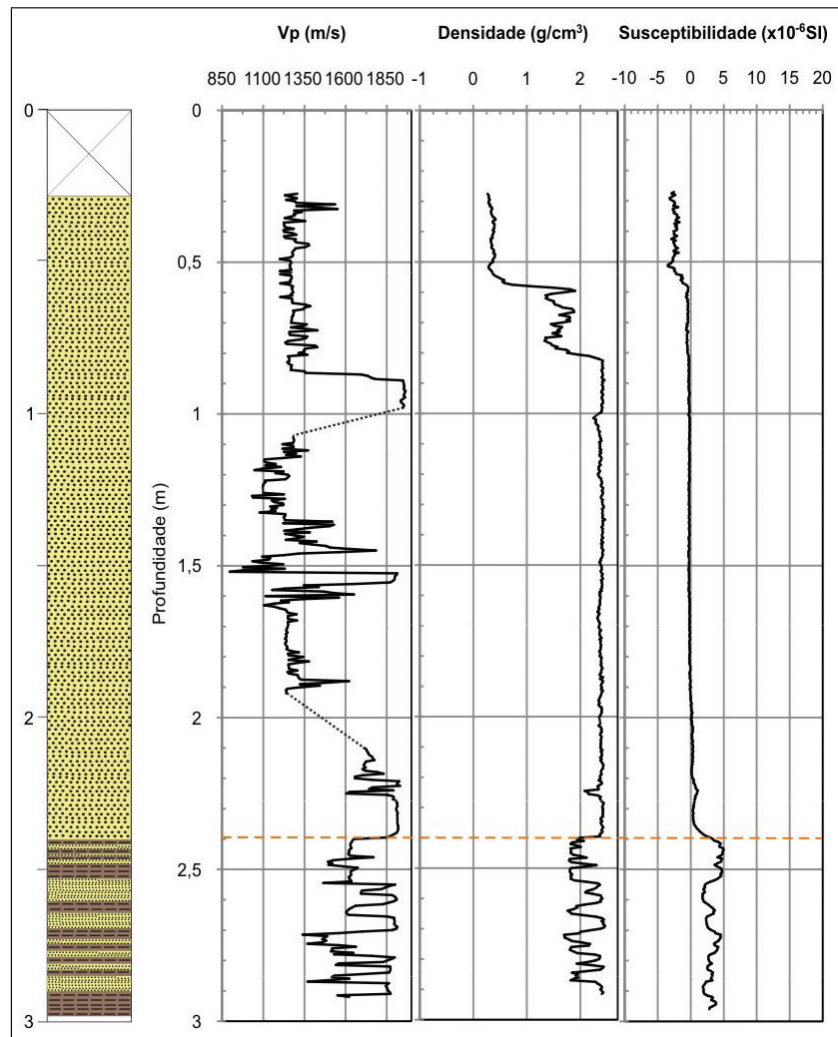


Figura 4 – Perfis de velocidade de ondas P, densidade gama e susceptibilidade magnética do testemunho JP-112. As linhas horizontais pontilhadas ressaltam as principais interfaces (ver legenda na Fig. 2).

Tabela 3 – Valores mínimo, máximo, média e desvio-padrão (DP) das densidades encontradas para cada tipo de pacote sedimentar.

Tipo de sedimento	Densidade (g/cm^3)			
	mínimo	máximo	média	DP
Conchas	-0,72	1,65	-0,37	0,76
Areia grossa a muito grossa	0,90	1,64	1,32	0,23
Lama arenosa	1,02	2,64	1,84	0,43
Lama fluida e muito fluida	0,59	0,98	0,90	0,07
Lama compacta	0,53	2,28	1,37	0,50

É importante ressaltar que, apesar dos valores calculados para a lama compacta apontarem uma ampla variabilidade (Tab. 3), a análise separada dos perfis de densidade mostra o padrão altamente uniforme caracterizado por esse tipo de sedi-

mento. Este fato pode ocorrer devido aos testemunhos apresentarem valores diferenciados, apesar da aparente semelhança entre os pacotes sedimentares.

No testemunho JP-104 foi observada uma queda significativa

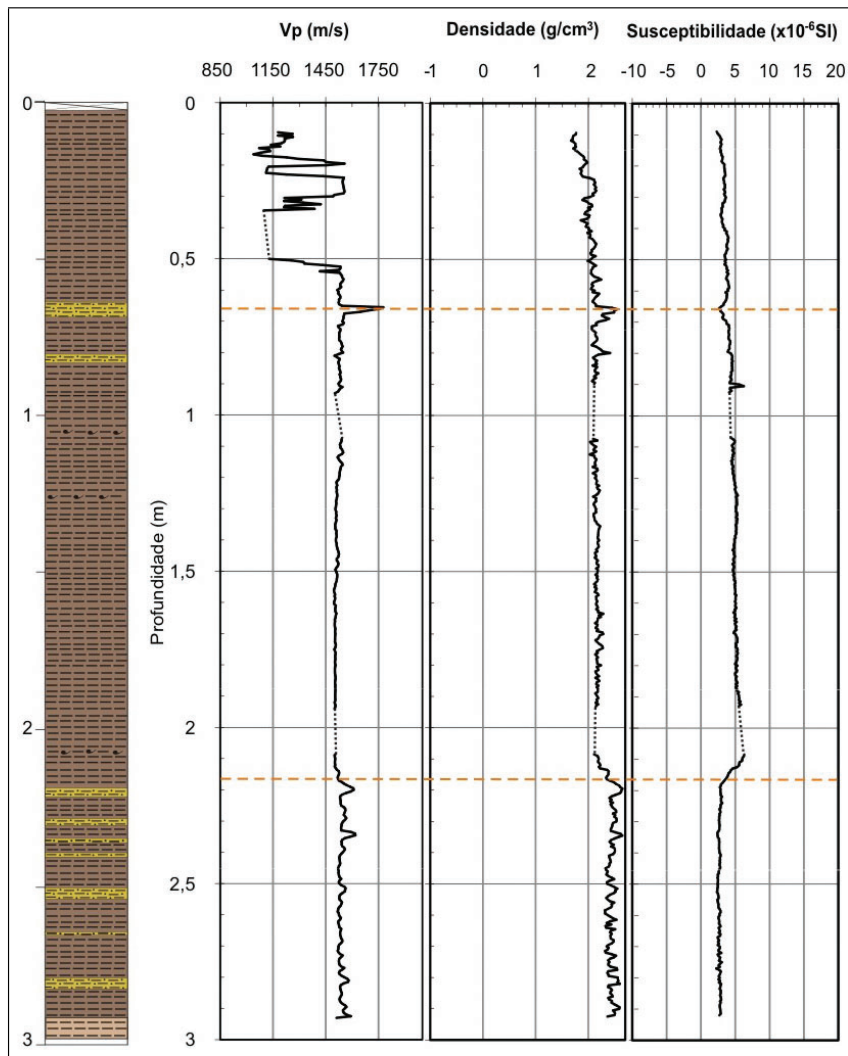


Figura 5 – Perfis de velocidade de ondas P, densidade gama e susceptibilidade magnética do testemunho JP-119. As linhas horizontais pontilhadas ressaltam as principais interfaces (ver legenda na Fig. 2).

de densidade associada às camadas de conchas, que se encontravam esparsas dentro do testemunho, chegando a atingir valores negativos. Uma súbita elevação ocorreu na interface com areia grossa a muito grossa, como mostra a Figura 3.

Ao observar os valores das Tabelas 2 e 3, é possível notar a proporcionalidade das oscilações de V_p e densidade, respectivamente, confirmando a linearidade existente entre ambas, dada suas relações em comum com a porosidade, granulometria, processos de compactação, entre outros.

Perfis de susceptibilidade magnética

Segundo Cavalini et al. (2006), o tamanho das partículas constitui um dos principais fatores que influenciam a susceptibilidade magnética de um material. As variações na susceptibili-

dade magnética relacionadas à mudança do tipo de material foram registradas com precisão pelos perfis obtidos neste trabalho.

Alterações significativas ocorreram nas interfaces, onde os valores da Tabela 3 para lama arenosa se mostraram inferiores aos encontrados na lama compacta, visto que granulometrias mais finas tendem a apresentar maior disponibilidade de minerais magnéticos.

No testemunho JP-120 (Fig. 6), por exemplo, uma queda acentuada nos valores da susceptibilidade caracterizou a transição de lama compacta para lama arenosa, também com presença de conchas. As lamas fluida e muito fluida registraram valores mais baixos de susceptibilidade magnética do que a lama compacta, devido à menor concentração de argilominerais nestes materiais.

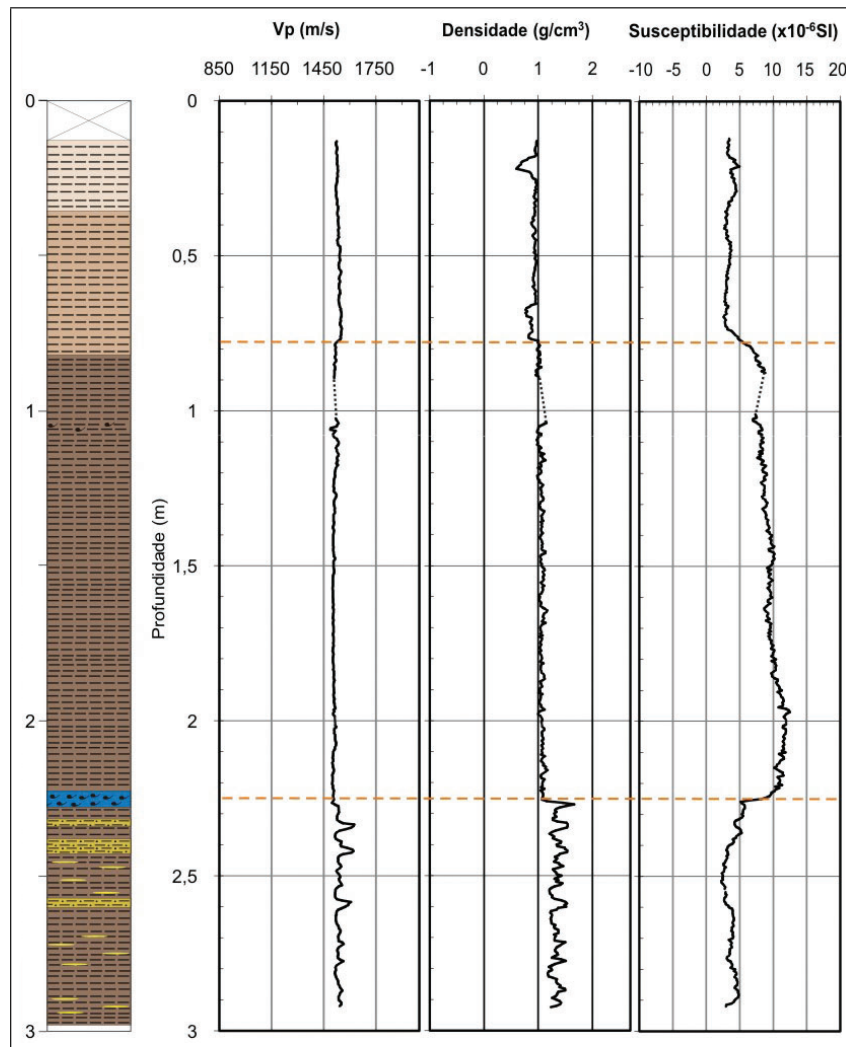


Figura 6 – Perfis de velocidade de ondas P, densidade gama e susceptibilidade magnética do testemunho JP-120. As linhas horizontais pontilhadas ressaltam as principais interfaces (ver legenda na Fig. 2).

Outras interfaces foram observadas no testemunho JP-104. Nos primeiros 1,31 m o perfil de susceptibilidade magnética associou valores negativos à camada de areia grossa a muito grossa, caracterizando o material como diamagnético (substâncias ligeiramente repelidas quando sujeitas a um campo magnético). Na segunda metade do testemunho, composta por lama compacta, pequenas quedas na susceptibilidade ocorreram em função de sucessivas intercalações de areia fina e lama arenosa (Fig. 3).

CONCLUSÃO

A integração das etapas associadas à metodologia adotada mostrou-se adequada para a função de identificar interfaces, dada a variabilidade granulométrica das amostras coletadas.

Foram perfilados quatro testemunhos coletados na área de

estudo, totalizando 12 m de material. Oito tipos distintos de sedimentos foram considerados: conchas, areia grossa a muito grossa, areia média, areia muito fina a fina, lama arenosa, lama compacta, lama fluida e lama muito fluida. Esta variedade favoreceu a análise comparativa realizada com os gráficos de velocidade, densidade e susceptibilidade magnética.

Os perfis dos quatro testemunhos utilizados na pesquisa mostraram-se satisfatórios na avaliação do comportamento de cada parâmetro físico. Estes permitiram associar as posições ao longo dos testemunhos, com os valores de V_p , densidade gama e susceptibilidade magnética, e com os parâmetros sedimentológicos obtidos na descrição do material coletado. Desta forma, o recurso utilizado favoreceu a identificação de interfaces entre camadas de sedimentos.

Tabela 4 – Valores mínimo, máximo, média e desvio-padrão (DP) das susceptibilidades magnéticas encontradas para cada tipo de pacote sedimentar.

Susceptibilidade magnética ($\times 10^{-6}$ SI)				
Tipo de sedimento	mínimo	máximo	média	DP
Conchas	1,45	8,79	2,88	1,75
Areia grossa a muito grossa	-3,78	-0,77	-1,39	0,58
Lama arenosa	2,22	6,30	3,31	0,74
Lama fluida e muito fluida	2,59	4,96	3,37	0,50
Lama compacta	4,30	21,46	9,69	3,85

De maneira geral, a lama arenosa apresentou velocidade e densidade mais altas, e susceptibilidade magnética mais baixa, quando comparada com a lama compacta (Tabs. 2, 3 e 4).

Os resultados mostraram que os sedimentos lamosos apresentaram maiores valores de velocidade e de susceptibilidade magnética sugerindo fonte de origem continental para este material. Material carbonático tem características diamagnéticas que resultariam e menores valores de susceptibilidade. Especificamente, os resultados com a areia grossa a muito grossa e para as conchas verificou-se que o perfil de velocidade apresentou valores anômalos, coincidindo com os registros negativos de densidade. Este resultado pode ser justificado pela grande quantidade de espaços vazios no interior do testemunho e, portanto, não representa os valores reais de densidade e velocidade para ambos os tipos de sedimentos.

A análise granulométrica da seção de lama arenosa do testemunho JP-112, foi de fundamental importância para ratificar a relação da variabilidade dos parâmetros físicos com a classificação granulométrica utilizada para a caracterização dos quatro testemunhos.

É importante lembrar que as taxas de variação encontradas para cada parâmetro físico não dependem somente da granulometria do material. Estes também sofrem influência direta de seus constituintes, ou seja, das propriedades físicas no poro, dos arranjos estruturais, das propriedades de contato entre grãos, da composição mineral e do fluido intersticial – dados que podem colaborar ainda mais com a precisão da pesquisa.

REFERÊNCIAS

ANDRADE ACS, DOMINGUEZ JML, MARTIN L & BITTENCOURT ACSP. 2003. Quaternary Evolution of the Caravelas Strandplain – Southern Bahia State – Brazil. *Anais da Academia Brasileira de Ciências*, 75(3): 357–382.

AYRES NETO A. 1998. Relationships Between Physical Properties and

Sedimentological Parameters of Near Surface Marine Sediments and their Applicability in the Solution of Engineering and Environmental Problems. Tese de Doutorado. University of Kiel, Germany. 126 p.

AYRES A & THEILEN F. 1999. Relationship between P- and S-wave Velocities and Geological Properties of Near-surface sediments of the Continental Slope of the Barents Sea. *Geophysical Prospecting*, 47: 431–441.

BUCKINGHAM MJ. 2005. Compressional and shear wave properties of marine sediments: comparisons between theory and data. *J. Acoust. Soc. Am.*, 117(1): 137–152.

CAMPOS CWM, MIURA K & REIS LAN. 1973. The East Brazilian Continental Margin and Petroleum Prospects. In: NAIRN AEM & STEHLI FG (Eds.). *The Ocean Basins and Margins*. New York, Plenum Press. 517 p.

CAVALINI SR, COSTA ACS, SOUZA JR IG, HOEPERS A, VILAR CC & LICHT OAB. 2006. Variabilidade Espacial da Susceptibilidade Magnética de Solos do Estado do Paraná. In: *Anais da 58ª Reunião Anual da SBPC – Florianópolis, SC – Julho/2006*.

ELLWOOD BB, CRICK RE, EL HASSANI A, BENOIST SL & YOUNG RH. 2000. Magnetosusceptibility Event and Cyclostratigraphy method applied to marine rocks: Detrital input *versus* carbonate productivity. *Geology*, 28: 1135–1138.

ELLWOOD BB, BALSAM WL & ROBERTS HH. 2006. Gulf of Mexico sediment sources and sediment transport trends from magnetic susceptibility measurements of surface samples. *Marine Geology*, 230: 237–248.

FIGUEIREDO JR AG, ABUCHACRA RC, VASCONCELOS SC, SANTOS RA, SAMPAIO MB, VIANNA PJA, SILVA FT & DE TOLEDO MB. 2008. Perfilador Multi-Sensor Geotek para Testemunhos (Aplicação em Análises Não-Destrutivas de Testemunhos Sedimentares). In: *Anais do 44º Congresso Brasileiro de Geologia*. Curitiba. CD-ROM.

FRANÇA AMC. 1979. Geomorfologia da Margem Continental Leste Brasileira e da Bacia Oceânica Adjacente. *Série Projeto REMAC*, 7: 89–127.

FREDERICH T, SCHMIEDER F, HÜBSCHER C, FIGUEIREDO A & COSTA E. 1996. Physical Properties Studies. In: FISCHER G, ARZ H, BASCHKE B, BASSEK D, COSTA E, DIERSEN H, DEEKEN A, DIEKAMP V, EICHNER C, ENGELBRECHT I, ELMEKING K, FIGUEIREDO A, FLECHSENHAAR K,

- FREDERICH S T, FREESEMAN A, GARTEMICHT U, HERZ MV, HÜBSCHER C, KARWATH B, KASTEN S, KINKEI H, KÖLLING M, MIESNER I, RATMEYER V, SCHLÜNZ B, SCHNEIDER R, SCHMIEDER F, RUHLAND G & ZABEL M. Report and preliminary results of METEOR-Cruise M 34/4. Recife – Bridgetown (19.3 – 15.4.1996). Department of Geosciences, Bremen University. No. 80. p. 75–81.
- HAMILTON EL. 1972. Compressional-wave attenuation in marine sediments. *Geophysics, Society of Exploration Geophysicists*, 37: 620–646.
- HAMILTON EL. 1980. Geoacoustic Modeling of the Sea Floor. *J. Acoust. Soc. Am.*, 68(5): 1313–1340.
- HAMILTON EL & BACHMAN RT. 1982. Sound Velocity and Related Properties of Marine Sediments. *J. Acoust. Soc. Am.*, 72(6): 1891–1904.
- KOWSMANN RO & COSTA MPA. 1979. Sedimentação Quaternária da Margem Continental Brasileira e das Áreas Oceânicas Adjacentes. Série Projeto REMAC, vol. 8.
- LEÃO ZMAN. 2002. Abruços, BA – O complexo recifal mais extenso do Atlântico Sul. In: SCHOBENHAUS C, CAMPOS DA, QUEIROZ ET, WINGE M, BERBERT-BORN MLC (Eds.). *Sítios Geológicos e Paleontológicos do Brasil*. 1ed. Brasília: DNPM/CPRM – Comissão Brasileira de Sítios Geológicos e Paleobiológicos (SIGEP), 1: 345–359.
- MACEDO HC. 2006. Análise da propagação de ondas compressoriais (P) em sedimentos marinhos. Dissertação de Mestrado. Lagamar – UFF. 153 p.
- SCHÖN JH. 1996. Physical properties of rocks: fundamentals and principles of petrophysics. In: HELBIG K & TREITEL S (Eds.). *Handbook of Geophysical Exploration: Seismic Exploration*, Vol. 18. Chapter 3. 600 pp.
- SHERIFF RE. 1999. *Encyclopedic Dictionary of Exploration Geophysics*. Society of Exploration Geophysicists, Third Edition, 384 p.
- WOODS RD. 1991. Soil Properties for Shear Wave Propagation. In: HOVEM JM, RICHARDSON MD & STOLL RD (Eds.). *Shear Wave in Marine Sediments*. Springer, New York, p. 29–39.

NOTAS SOBRE OS AUTORES

Lívia Carvalho Falcão. Geofísica formada pela Universidade Federal Fluminense em 2009. Desenvolveu em seu projeto de Iniciação Científica o estudo em questão e estagiou na Starfish Oil & Gas. Áreas de interesse: geofísica aplicada a métodos sísmicos e potenciais.

Arthur Ayres Neto. Geólogo formado pela UFRJ e doutor em geofísica marinha pela Universidade de Kiel, Alemanha. Principais interesses concentram-se nas áreas de geologia e geofísica marinha aplicadas a problemas de engenharia e meio ambiente com ênfase na estabilidade de taludes submarinos.