

**Programa de Monitoramento da Biodiversidade Aquática da Área
Ambiental I – Porção Capixaba do Rio Doce e Região Marinha e
Costeira Adjacente**

**MATERIAL SUPLEMENTAR 1
MORFODINÂMICA**

Anexo 4 – Praias

Vitória

Novembro, 2020

Coordenador

Jacqueline Albino

Equipe

Dieter Muehe

Luiz Henrique Sielski de Oliveira

Brenda Silva de Souza

Denise de Sousa Paiva Tagliari

Lucas Bermudes de Castro

Alexandre Burini

Luísa da Silva Lopes

Pedro Henrique Ferreira Atanásio

Bernardo Gasperazzo Urquia

SUMÁRIO

1	ASPECTOS MORFODINÂMICOS	13
1.1	ONDAS	13
1.2	MORFOLOGIA	21
1.2.1	Perfis topobatimétricos das praias monitoradas	21
1.2.2	Comparativo dos parâmetros morfodinâmicos entre as estações amostrais	47
1.2.3	Transposição da berma pelo espraiamento da onda.....	51
1.3	SEDIMENTOLOGIA DAS PRAIAS	53
1.3.1	Classificações	53
1.3.2	Composição das areias superficiais das praias.....	54
1.3.3	Grau de arredondamento dos grãos de quartzo das areias superficiais das praias	57
1.3.4	Composição e granulometria das areias subsuperficiais da berma	58
1.3.5	Composição e granulometria dos testemunhos coletados na antepraia	60
1.4	MODELOS LINEARES GENERALIZADOS (GLMS)	62
1.4.1	Praia emersa.....	62
1.4.2	Praia submersa	62
2	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	64
	ANEXO A - DISTRIBUIÇÃO GRANULOMÉTRICA DAS AREIAS SUPERFICIAIS DAS PRAIAS	65
	ANEXO B - DISTRIBUIÇÃO GRANULOMÉTRICA DAS AREIAS SUBSUPERFICIAIS DA BERMA	70

LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Frequência direcional das ondas durante os levantamentos de campo incluindo três dias anteriores ao início dos levantamentos.....	14
Figura 2: Frequência direcional das ondas entre as campanhas incluindo três meses anteriores ao início dos levantamentos em setembro de 2018.	14
Figura 3: Rosas direcionais de Tp e Hs para a série temporal considerada na análise do clima de ondas (2008 – 2019).	15
Figura 4: Rosas direcionais de Tp e Hs para o período do primeiro ano de levantamentos em campo (agosto 2018 – setembro 2019)	15
Figura 5: Rosas direcionais de Tp e Hs para o período do segundo ano (transição ano 2) de levantamentos em campo (outubro 2019 – fevereiro 2020).	16
Figura 6: Rosas direcionais de Tp e Hs para o período do segundo ano (transição ano 2) (outubro 2019 – setembro 2020).	16
Figura 7: Série temporal utilizada para a modelagem de ondas (DOW – Downsampling ocean waves) dados de 1947 a 2010.....	17
Figura 8: Histograma e rosa direcional de Hs para os dados da série temporal utilizados na modelagem de ondas. Análise multidecadal.....	17
Figura 9: Tabela descritiva de estatísticas básicas de Hs para os dados da série temporal utilizada na modelagem de ondas. Análise multidecadal.....	18
Figura 10: Estatística de valores extremos pelo método GEV (Generalized Extreme-Value) mostrando o período de retorno de valores de Hs do regime extremo em anos.....	19
Figura 11: Dispersão dos casos de ondas, pontos em vermelho mostram os casos utilizados para propagação em águas rasas e detalhamento dos valores de Hs (m) Tp (s) e Dir (direção em graus). 19	
Figura 12: Exemplos de casos mais significativos utilizados na análise de transporte de sedimentos (vetores) (A) e variação regional em nas alturas de ondas Hs (em escala de cores) e correntes geradas por ondas (vetores) (B).	20
Figura 13: Análise integrada do regime de cheias do Rio Doce e Hs para o período de monitoramento, considerando os levantamentos de campo (de setembro de 2018 a fevereiro de 2020). Notar que o período em que o nível do rio começa a se elevar no final dos anos de 2018 e 2019 assim como em abril de 2018 há ocorrência de ondas com Hs maiores que 1,8 m. Esta conjugação de elevação nos níveis do rio e Hs podem ser considerados períodos de maiores aportes fluviais e/ou incremento da atuação das ondas na dispersão e disponibilidade de contaminantes no ambiente praial.	20

Figura 14: Perfil de praia (acima) e parâmetros morfométricos (abaixo): Comprimento da praia (m), Inclinação da face ($^{\circ}$), Volume (m^3) e Altura da duna frontal da estação amostral S1 (Praia Mole). A praia emersa se apresenta estreita, com a face inclinada e perfil aplainado na antepraia rasa, associado à presença de terraços. A evolução temporal demonstra a baixa mobilidade do perfil, com pequenos avanços e recuos da face e desestabilização da duna frontal em fevereiro de 2020. 21

Figura 15: Perfil batimétrico da estação amostral S1 (Praia Mole). O relevo na antepraia é irregular, associado à presença de terraços lateríticos. A partir dos 8 m de profundidade a declividade do leito torna-se mais suave em direção à costa, indicando ser essa a profundidade provável de mobilização de sedimentos pelas ondas na antepraia (perfil de fechamento). 22

Figura 16: Perfil de praia (acima) e parâmetros morfométricos (abaixo): Comprimento da praia (m), Inclinação da face ($^{\circ}$), Volume (m^3) e Altura das dunas frontais (m) da estação amostral S2 (Praia Mole). A praia emersa se apresenta estreita, com a face inclinada e perfil aplainado na antepraia rasa, associado à presença de terraços. A evolução temporal demonstra a baixa mobilidade do perfil, com pequenos avanços e recuos da face e desestabilização da duna frontal em fevereiro de 2020. 23

Figura 17: Perfil batimétrico da estação amostral S2 (Praia Mole). O perfil eleva-se gradativamente em direção à praia com uma declividade média de $0,45^{\circ}$ até atingir a profundidade de 8 m abaixo do nível médio do mar, quando se inicia um incremento da declividade em direção à costa sugerindo ser esta a profundidade de fechamento do perfil da antepraia. As irregularidades morfológicas do assoalho marinho devem-se a presença de lateritas na antepraia. 24

Figura 18: Perfil de praia (acima) e parâmetros morfométricos (abaixo): Comprimento da praia (m), Inclinação da face ($^{\circ}$), Volume (m^3) e Altura da duna frontal da estação amostral S3 (Putiri). A praia emersa se apresenta estreita, com a face inclinada e perfil aplainado na antepraia rasa associado à presença de terraços. A evolução temporal demonstra a baixa mobilidade do perfil, com pequenos avanços e recuos da face e desestabilização da duna frontal em julho de 2019 e avanço da face praial em fevereiro de 2020. 25

Figura 19: Perfil batimétrico da estação amostral S3 (Putiri). O perfil se eleva gradativamente em direção à costa com uma declividade média de $0,5^{\circ}$ e com a presença marcante de irregularidades no assoalho associado à presença de terraços. A profundidade de fechamento da antepraia aproximadamente se localiza à profundidade de 10 m, considerando uma tendência de incremento da declividade. 26

Figura 20: Perfil de praia (acima) e parâmetros morfométricos (abaixo): Comprimento da praia (m), Inclinação da face ($^{\circ}$), Volume (m^3) e Altura da duna frontal da estação amostral S4 (Barra do Riacho). A face praial apresenta larga, com declividade alta, e mobilidade de perfil associado à construção de cúspides na praia. 27

Figura 21: Perfil batimétrico da estação amostral S4 (Barra do Riacho). O perfil se eleva numa declividade média de $0,51^{\circ}$, a profundidade de fechamento da antepraia superior foi observada em torno de 8 m abaixo do nível médio do mar e o limite da antepraia inferior em torno dos 14 m. 28

Figura 22: Perfil de praia (acima) e parâmetros morfométricos (abaixo): Comprimento da praia (m), Inclinação da face ($^{\circ}$), Volume (m^3) e Altura da duna frontal da estação amostral S5 (Terra Indígena de Comboios). A praia emersa se apresenta relativamente larga, com a face inclinada e alta mobilidade de bancos e calhas na antepraia. A evolução temporal demonstra a alta mobilidade do perfil, com avanços e recuos da face e berma e desestabilização da duna frontal a partir de julho de 2019. 29

Figura 23: Perfil batimétrico da estação amostral S5 (Terra Indígena de Comboios). O perfil se eleva numa declividade média de $1,13^{\circ}$, até a profundidade de fechamento de fechamento em aproximadamente 15m de profundidade onde o perfil sofre incremento da declividade. 30

Figura 24: Perfil de praia (acima) e parâmetros morfométricos (abaixo): Comprimento da praia (m), Inclinação da face ($^{\circ}$), Volume (m^3), e Altura da duna frontal da estação S6 (Rebio de Comboios). A praia emersa se apresenta relativamente larga, com a face inclinada e alta mobilidade das feições. A evolução temporal demonstra a alta mobilidade do perfil. 31

Figura 25: Perfil batimétrico da estação amostral S6 (Rebio de Comboios). O perfil é suave ($0,18^{\circ}$) e se eleva abruptamente a partir da profundidade de fechamento, em torno de 15m em torno de 300m da costa, refletindo na alta exposição desse setor à ação das ondas. 32

Figura 26: Perfil de praia (acima) e parâmetros morfométricos (abaixo): Comprimento da praia (m), Inclinação da face ($^{\circ}$), Volume (m^3) e Altura da duna frontal da estação amostral S7 (Regência). A praia emersa se apresenta relativamente larga, com a face inclinada e mobilidade das feições. A evolução temporal demonstra a alta mobilidade do perfil, com avanço da face praial na ordem de 15m entre dezembro de 2019 e janeiro de 2020. 33

Figura 27: Perfil batimétrico da estação amostral S7 (Regência). O perfil se eleva numa declividade média de $0,19^{\circ}$ até atingir a profundidade de fechamento em torno dos 11m de profundidade a aproximadamente 500m da costa, onde o perfil sofre inflexão. 34

Figura 28: Perfil de praia (acima) e parâmetros morfométricos (abaixo): Comprimento da praia (m), Inclinação da face ($^{\circ}$), Volume (m^3) de sedimento no perfil da estação amostral N1 (Povoação). A praia emersa se apresenta relativamente estreita, com a face inclinada e alta mobilidade das feições. A evolução temporal demonstra a alta mobilidade do perfil, associado a processos erosivos na ordem de 15m. 35

Figura 29: Perfil batimétrico da estação amostral N1 (Povoação). O perfil se eleva numa declividade média de $0,12^{\circ}$ até a profundidade de fechamento em torno dos 9m de profundidade a 600m da costa, onde o perfil sofre inflexão e torna-se convexo. 36

Figura 30: Perfil de praia (acima) e parâmetros morfométricos (abaixo): Comprimento da praia (m), Inclinação da face ($^{\circ}$), Volume (m^3) e Altura da duna frontal (m) da estação amostral N2 (Degredo). A praia apresenta grande mobilidade das feições com retrações e avanços da face da praia ao longo do monitoramento. A partir de julho de 2019 ocorreu a remoção total da duna frontal, com erosão na ordem de 10m. 37

Figura 31: Perfil batimétrico da estação amostral N2 (Degredo). O perfil se eleva gradativamente numa declividade média de 0,27 (°), a profundidade de fechamento foi observada em torno de 14m de profundidade..... 38

Figura 32: Perfil de praia (acima) e parâmetros morfométricos (abaixo): Comprimento da praia (m), Inclinação da face (°), Volume (m³) e Altura da duna frontal (m) da estação amostral N3 (Pontal do Ipiranga). A praia emersa se apresenta larga, face da praia relativamente menos inclinada e elevação de dunas em retropraia. 39

Figura 33: Perfil batimétrico da estação amostral N3 (Pontal do Ipiranga). O perfil se eleva numa declividade média de 0,20°, até a profundidade de 11m onde o perfil sofre inflexão. 40

Figura 34: Perfil de praia (acima) e parâmetros morfométricos (abaixo): Comprimento da praia (m), Inclinação da face (°), Volume (m³) e Altura da duna frontal (m) da estação amostral N4 (Barra Nova). A praia emersa se apresenta relativamente larga, com a face pouco inclinada e alta mobilidade das feições. A evolução temporal demonstra a alta mobilidade do perfil, com limite máximo na base da duna frontal..... 41

Figura 35: Perfil batimétrico da estação amostral S4 (Barra Nova). O perfil se mostra convexo em sua extensão, com elevação gradual numa declividade média de 0,34°, a profundidade de fechamento da antepraia superior foi observada em torno de 8 m abaixo do nível médio do mar. 42

Figura 36: Perfil de praia (acima) e parâmetros morfométricos (abaixo): Comprimento da praia (m), Inclinação da face (°), Volume (m³) e Altura da duna frontal (m) da estação amostral N5 (Guriri). A praia emersa se apresenta relativamente larga, com a face pouca inclinada, presença de terraço arenoso com calhas e bancos e com afloramento do lençol durante a baixa-mar. A evolução temporal demonstra mobilidade do perfil principalmente associada ao terraço arenoso. 43

Figura 37: Perfil batimétrico da estação amostral N5 (Guriri). O perfil se eleva numa declividade média de 0,20 (°), até a profundidade de fechamento em torno de 11m, onde o perfil sobre brusco incremento da declividade..... 44

Figura 38: Perfil de praia (acima) e parâmetros morfométricos (abaixo): Comprimento da praia (m), Inclinação da face (°), Volume (m³) de sedimento no perfil da estação amostral N6 (Itaúnas). A praia emersa se apresenta relativamente larga, com a face pouca inclinada e baixa mobilidade das feições nas duas campanhas monitoradas. A elevação da topografia em retropraia está associada a baixa declividade e a presença de areia fina, que favorecem o transporte eólico. 45

Figura 39: Perfil batimétrico da estação amostral N6 (Itaúnas). O perfil se eleva numa declividade média de 0,26 (°), até a profundidade aproximada de 9m, onde o perfil sofre incremento na declividade, sugerindo essa ser a profundidade de fechamento. 46

Figura 40: Box plot do Comprimento das praias (m) das estações monitoradas separados por compartimento. Praias mais estreitas e com menores variações de comprimento ao longo do

monitoramento estão associadas ao compartimento A. Nas estações B e C apresentam comprimentos maiores das praias e variações mais significativas ao longo do monitoramento. 47

Figura 41: Box plot da declividade da face ($^{\circ}$) das estações monitoradas separados por compartimento. As praias mais inclinadas estão no compartimento B, dada a exposição do setor às ondas e associado à presença de sedimentos areias grossas a médias. O compartimento A também apresenta declividade relativa elevada, associado ao pouco desenvolvimento das praias de terraço, com relevo suave na antepraia e elevação do perfil na face praial. No compartimento C a declividade é baixa, associado a presença de água média a fina nesse compartimento. 47

Figura 42: Box plot do Volume de sedimento (m^3) das estações monitoradas separados por compartimento. As praias pouco desenvolvidas do compartimento A apresenta pouco volume de sedimento associado e pequena variação sazonal. As praias dos compartimentos B e C apresentam com maior volume sedimentar, com destaque para as estações S4 e S6, com os maiores volumes e maior variação sazonal, associado à alta mobilidade dos perfis. 48

Figura 43: Box plot da Altura da duna frontal (m) das estações monitoradas separados por compartimento. As praias do compartimento A apresentam cordões arenoso frontais pouco desenvolvidos e com pouca variação ao longo do monitoramento. Nas praias associadas do compartimento C são as com maiores alturas, dado o transporte eólico, facilitado pela baixa declividade e a presença de sedimentos finos. Nas estações N1 e N2 é possível observar a variação sazonal da altura do cordão frontal associado aos eventos erosivos que desestabilizaram a feição e promoveram a erosão. 48

Figura 44: Principais componentes bioclastos identificados nas areias superficiais das praias dos Compartimentos A, B e C, que apresentaram teores de carbonato superiores a 30%. Nas praias do Compartimento A, os terraços de abrasão favorecem a fixação de organismos carbonáticos que, quando fragmentados, constituem o principal componente das areias das praias. Nas praias dos Compartimentos B e C, elevados teores de carbonato foram observados apenas nos sedimentos superficiais da antepraia, indicando possível contribuição marinha da plataforma continental. Os principais componentes carbonáticos incluem algas articuladas, algas incrustantes e moluscos, que representam cerca de 90% dos grãos bioclásticos identificados. Outros, representam os componentes que individualmente apresentaram percentuais inferiores a 1%: algas Halimeda, ostracóides, tubos de verme e crustáceos. 54

Figura 45: Principais minerais pesados identificados nas areias superficiais das praias dos Compartimentos A, B e C. Os principais minerais pesados identificados incluem os minerais opacos, anfíbólios, silimanitas e cianitas. Turmalinas, estauroilitas, granadas, zircões, epidotos, rutilos e monazitas apresentaram percentuais inferiores a 5%. A predominância de anfíbólios, minerais pesados menos densos e mineralogicamente instáveis, no Compartimento C, corrobora o transporte preferencial de sedimentos pela deriva litorânea em direção ao norte, ao mesmo tempo que reflete aporte recente do Rio Doce nas praias deste compartimento. 54

Figura 46: Principais componentes bioclásticos observados nas praias em estudo. A) Algas articuladas; B) Algas incrustantes; C) e D) Moluscos; E) Briozoários; F) Foraminíferos; G) Equinodermas; H) Tubos de verme; I) Crustáceos. 54

Figura 47: Principais minerais pesados identificados nas praias em estudo. A) Minerais opacos; B) Anfibólios; C) Silimanitas; D) Cianitas; E) Turmalinas; F) Granadas; G) Epidotos; H) Estaurolitais; I) Monazitais; J) Rutilos e L) Zircões. 56

Figura 48: Relação entre o teor de matéria orgânica total e o teor de lama observado na antepraia das praias dos Compartimentos A, B e C. 57

Figura 49: Classificação proposta por Pettijohn (1957) quanto ao grau de arredondamento dos grãos de quartzo. 57

Figura 50: Grau de arredondamento dos grãos de quartzo das areias superficiais das praias dos Compartimentos A, B e C. Ao longo da área de estudo, os grãos de quartzo apresentaram grau de arredondamento anguloso ou sub-anguloso e, em menor frequência, arredondado ou sub-arredondado. 57

Figura 51: Caracterização composicional e granulométrica das areias subsuperficiais da berma das praias dos Compartimentos A, B e C. De maneira geral, as areias subsuperficiais da berma se assemelharam as areias superficiais, em termos composicionais e granulométricos. Desta forma, sua caracterização foi realizada apenas durante o primeiro ano do monitoramento. As praias do Compartimento A são caracterizadas por areias biosiliciclásticas, grossas a finas, com moderado a bom grau de seleção. As praias dos Compartimentos B são caracterizadas por areias siliciclásticas, muito grossas a finas, com moderado a bom grau de seleção. As praias do Compartimento C são caracterizadas por areias siliciclásticas, grossas a finas, com moderado a bom grau de seleção. Este compartimento caracteriza-se ainda por apresentar os maiores teores de minerais pesados. Nos três compartimentos, os teores de lama não ultrapassaram 1%. 58

Figura 52: Principais componentes bioclastos identificados nas areias subsuperficiais da berma das praias do Compartimento A, que apresentaram teores de carbonato superiores a 30%. Outros, representam os componentes que individualmente apresentaram percentuais inferiores a 1%: briozoários, equinodermas, algas Halimeda, ostracoides, tubos de verme e crustáceos. 59

Figura 53: Descrição visual e caracterização granulométrica e composicional do testemunho coletado ao sul da desembocadura do Rio Doce a 11 m de profundidade no alinhamento da estação amostral S6 REBIO Comboios. As areias apresentaram composição siliciclástica e teores de minerais pesados variando entre 3,93% e 11,08%, com os maiores valores observados em superfície (0 a 4 cm). Os principais minerais pesados identificados foram os anfibólios e os minerais opacos, seguidos pelas silimanitas, turmalinas e cianitas. Com relação à granulometria, as areias foram classificadas como areias finas (2,420 a 2,701 phi), com teor de lama inferior a 1,5%. 60

Figura 54: Descrição visual e caracterização granulométrica e composicional do testemunho coletado ao norte da desembocadura do Rio Doce a 12 m de profundidade no alinhamento da estação amostral N1 Povoação. O testemunho obteve 94 cm de recuperação e a descrição visual mostrou a presença de lama marrom com grãos de mica entre 0 e 3 cm, lama cinza escura de 3 a 39 cm, seguida por uma lama cinza clara com grãos de mica entre 39 e 54 cm e lama cinza escura de 54 a 94 cm. Os sedimentos apresentaram composição essencialmente siliciclástica, contudo teores de carbonato de 8,72% a 18,86% foram observados ao longo do testemunho, com os maiores valores no topo entre 6 e 18 cm. Com relação à granulometria, os sedimentos foram classificados como silte médio a muito grosso (4,196 a 6,319 phi), com teores de lama variando entre 37,66% a 98,16% e matéria orgânica entre 3,40% a 8,96%. 61

Figura 55: Distribuição granulométrica das areias superficiais das praias do Compartimento A – (S1) Praia Mole, (S2) Formosa e (S3) Putiri - ao longo do monitoramento. Na estação S1, monitorada a partir da campanha realizada em dezembro de 2018, a coleta de sedimentos na antepraia rasa é impossibilitada em função dos terraços de abrasão. BS: berma superficial; FS: face superior; FI: face inferior; AR: antepraia rasa; I5: isóbata 5 m; I10: isóbata 10 m. 65

Figura 56: Distribuição granulométrica das areias superficiais das praias do Compartimento B – (S4) Barra do Riacho, (S5) Terra indígena, (S6) REBIO Comboios, (S7) Regência e (N1) Povoação – ao longo do monitoramento. A estação S7 passou a ser monitorada a partir da campanha realizada em dezembro de 2019, o que justifica a ausência de dados para os meses anteriores. BS: berma superficial; FS: face superior; FI: face inferior; AR: antepraia rasa; I5: isóbata 5 m; I10: isóbata 10 m. 66

Figura 57: Distribuição granulométrica das areias superficiais das praias do Compartimento C – (N2) Degredo, (N3) Pontal do Ipiranga, (N4) Barra Nova, (N5) Guriri e (N6) Itaúnas – ao longo do monitoramento. A estação N6 passou a ser monitorada a partir da campanha realizada em dezembro de 2019, o que justifica a ausência de dados para os meses anteriores. BS: berma superficial; FS: face superior; FI: face inferior; AR: antepraia rasa; I5: isóbata 5 m; I10: isóbata 10 m. 68

Figura 58: Distribuição granulométrica das areias superficiais e subsuperficiais da berma das praias do Compartimento A – (S1) Praia Mole, (S2) Formosa e (S3) Putiri. De maneira geral, as areias subsuperficiais da berma se assemelharam as areias superficiais em termos granulométricos. Desta forma, a caracterização das areias subsuperficiais foi realizada apenas durante o primeiro ano do monitoramento. A estação S1 passou a ser monitorada a partir da campanha realizada em dezembro de 2018, o que justifica a ausência de dados para o mês de setembro de 2018. 70

Figura 59: Distribuição granulométrica das areias superficiais e subsuperficiais da berma das praias do Compartimento B – (S4) Barra do Riacho, (S5) Terra indígena, (S6) REBIO Comboios e (N1) Povoação. De maneira geral, as areias subsuperficiais da berma se assemelharam as areias superficiais em termos granulométricos. Desta forma, a caracterização das areias subsuperficiais foi realizada apenas durante o primeiro ano do monitoramento. 72

Figura 60: Distribuição granulométrica das areias superficiais e subsuperficiais da berma das praias do Compartimento C – (N2) Degredo, (N3) Pontal do Ipiranga, (N4) Barra Nova e (N5) Guriri. De maneira geral, as areias subsuperficiais da berma se assemelharam as areias superficiais em termos granulométricos. Desta forma, a caracterização das areias subsuperficiais foi realizada apenas durante o primeiro ano do monitoramento. 74

LISTA DE TABELAS

Tabela 1: Características médias e máximas de Hs e Tp, frequência de eventos com Hs superiores a 1,8 m, no período durante as campanhas incluindo três dias anteriores ao início dos levantamentos em campo.....	13
Tabela 2: Características médias e máximas de Hs e Tp, frequência de eventos com Hs superiores a 1,8 m, no período entre as campanhas incluindo três meses anteriores ao início dos levantamentos em campo em setembro de 2018.....	13
Tabela 3: Evolução de $\hat{\Omega}$ e do estado morfodinâmico das estações amostrais do Compartimento A. Características Refletiva para a praia S1, associado ao grãos mais grossos e perfil inclinado, em S2, estado morfodinâmico de dissipativo a intermediário e S3 variando entre os estágios intermediários.	49
Tabela 4: Evolução de $\hat{\Omega}$ e do estado morfodinâmico das estações amostrais do Compartimento B. Todas as praias ao longo do monitoramento apresentaram-se como Refletivas, associado à presença de grãos grossos e alta declividade.	49
Tabela 5: Evolução de $\hat{\Omega}$ e estado morfodinâmico das estações amostrais do Compartimento C. Na estação N2 o estado morfodinâmico variou entre Terraço de Baixa-mar e Refletivo, assumindo ainda características relacionada à proximidade de foz. As demais estações, em sentido norte, variam entre os estados intermediários, sendo que em N5 assume o estado Dissipativo nas duas primeiras campanhas.	50
Tabela 6: Altura da berma (m) e alcance vertical máximo (m) do espraçamento ao longo dos pontos amostrais do Compartimento A. As campanhas que foram antecedidas por eventos de transposição da berma pelo espraçamento da onda seguem sinalizadas com X.	51
Tabela 7: Altura da berma (m) e alcance vertical máximo (m) do espraçamento ao longo dos pontos amostrais do Compartimento B. A transposição do espraçamento sobre a berma neste compartimento se restringe a eventos esporádicos de maior energia.	51
Tabela 8: Altura da berma (m) e alcance vertical máximo (m) do espraçamento ao longo dos pontos amostrais do Compartimento C. A transposição do espraçamento sobre a berma neste compartimento se restringe a eventos esporádicos de maior energia.	52
Tabela 9: Classificação dos sedimentos quanto ao teor de carbonato de cálcio proposta por Larsonneur (1977).	53
Tabela 10: Escala granulométrica adotada pelo programa GRADISTAT, modificado de Udden (1914) e Wentworth (1922).	53
Tabela 11: Classificação do sedimento quanto ao grau de seleção. Parâmetro calculado com base nas formulações propostas por Folk e Ward (1957).	53

Tabela 12: Resultados estatísticos dos modelos lineares generalizados performados para testar as variações nos parâmetros morfodinâmicos da praia emersa em relação aos compartimentos, subestações e campanhas amostrais..... 62

Tabela 13: Resultados estatísticos dos modelos lineares generalizados performados para testar as variações nos parâmetros morfodinâmicos da praia emersa em relação aos compartimentos, subestações e campanhas amostrais, além das interações entre esses fatores..... 62

Tabela 14: Resultados estatísticos dos modelos lineares generalizados performados para testar as variações nos parâmetros morfodinâmicos da praia submersa em relação aos compartimentos, subestações e campanhas amostrais..... 62

Tabela 15: Resultados estatísticos dos modelos lineares generalizados performados para testar as variações nos parâmetros morfodinâmicos da praia submersa em relação aos compartimentos, subestações e campanhas amostrais, além das interações entre esses fatores..... 63

1 ASPECTOS MORFODINÂMICOS

1.1 ONDAS

Tabela 1: Características médias e máximas de Hs e Tp, frequência de eventos com Hs superiores a 1,8 m, no período durante as campanhas incluindo três dias anteriores ao início dos levantamentos em campo.

Campanhas	Hs média (m)	Hs máx. (m)	Tp médio (s)	Tp máx (s)	Hs > 1,8 m (%)	Estação (período)
set-18	1,2	1,8	9,5	11,8	0,7	seco
dez-18	1,0	2,1	8,5	16,9	4,5	chuvoso
abr-19	1,2	2,4	8,6	11,3	16,0	chuvoso
jul-19	1,1	2,3	8,5	14,7	8,0	seco
dez-19	1,2	2,3	8,6	18,0	10,1	chuvoso
fev-20	0,8	1,2	8,5	12,4	0,0	chuvoso

Tabela 2: Características médias e máximas de Hs e Tp, frequência de eventos com Hs superiores a 1,8 m, no período entre as campanhas incluindo três meses anteriores ao início dos levantamentos em campo em setembro de 2018.

Entre campanhas	Hs média (m)	Hs máx. (m)	Tp médio (s)	Tp máx (s)	Hs > 1,8 m (%)	Estação (período)
jun - ago 2018	1,3	2,7	9,3	18,0	18,9	seco
set -dez 2018	1,2	2,0	8,9	12,0	3,6	seco/chuvoso
jan - abr 2019	0,9	2,6	7,9	14,8	2,8	chuvoso
mai - jul 2019	1,1	2,5	9,4	14,9	8,0	seco
ago - dez 2019	1,3	2,7	9,0	16,2	12,7	seco/chuvoso
jan - fev 2020	0,9	1,6	7,5	14,6	0,0	chuvoso

Figura 1: Frequência direcional das ondas durante os levantamentos de campo incluindo três dias anteriores ao início dos levantamentos.

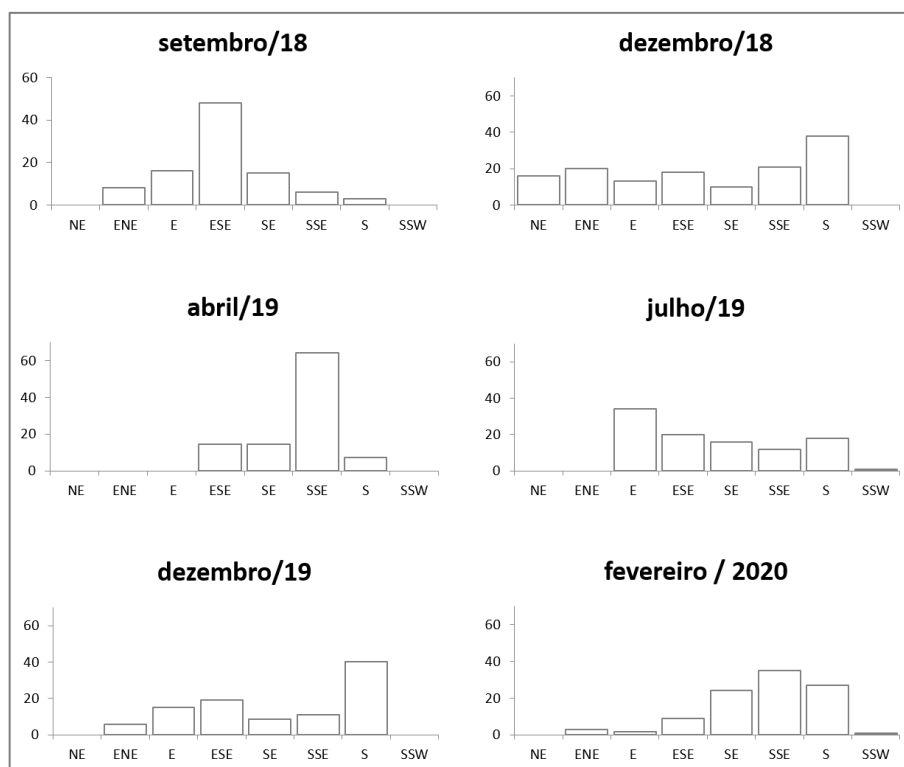


Figura 2: Frequência direcional das ondas entre as campanhas incluindo três meses anteriores ao início dos levantamentos em setembro de 2018.

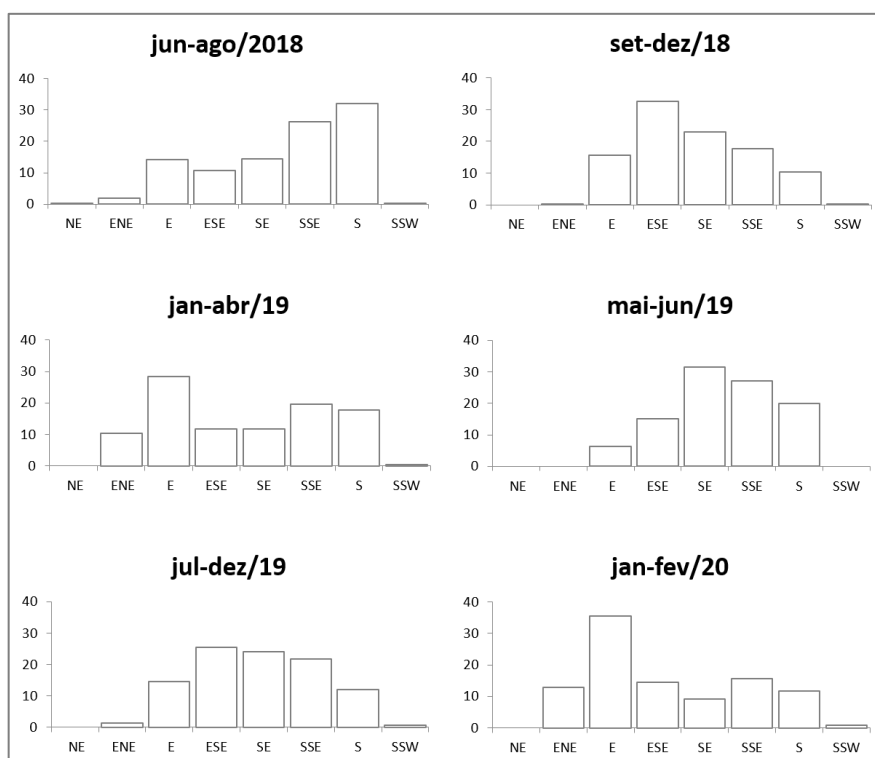


Figura 3: Rosas direcionais de Tp e Hs para a série temporal considerada na análise do clima de ondas (2008 – 2019).

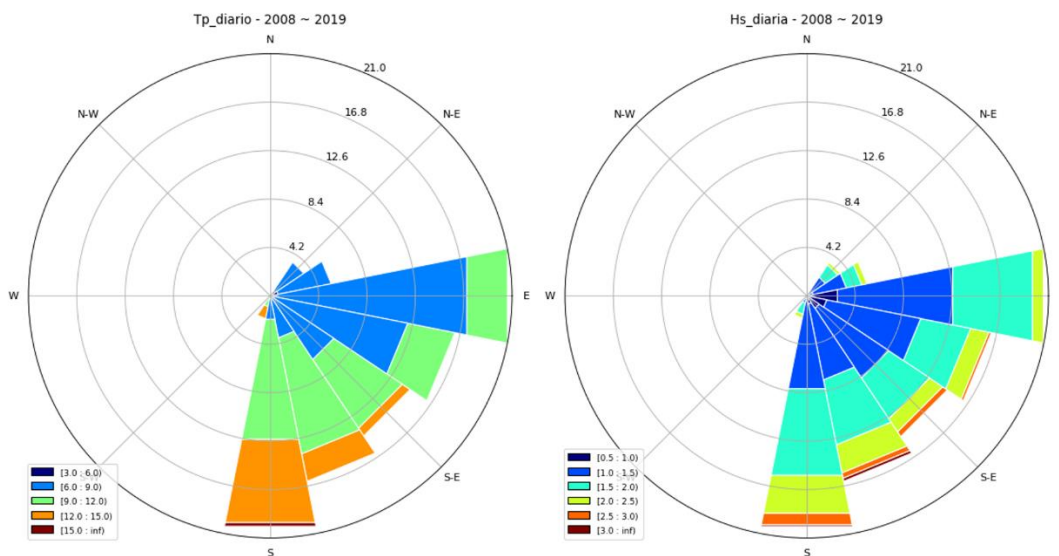


Figura 4: Rosas direcionais de Tp e Hs para o período do primeiro ano de levantamentos em campo (agosto 2018 – setembro 2019)

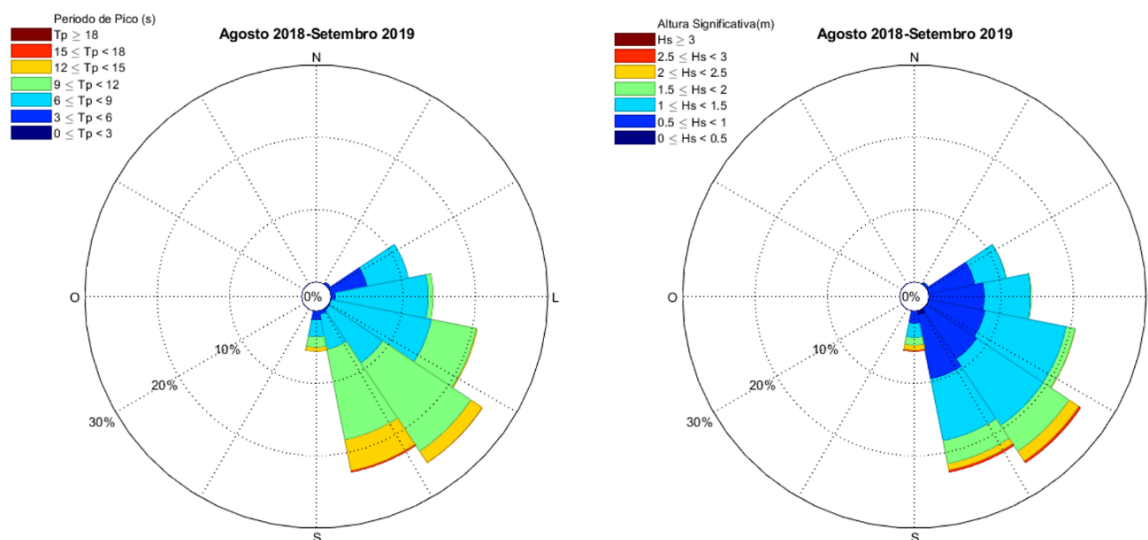


Figura 5: Rosas direcionais de Tp e Hs para o período do segundo ano (transição ano 2) de levantamentos em campo (outubro 2019 – fevereiro 2020).

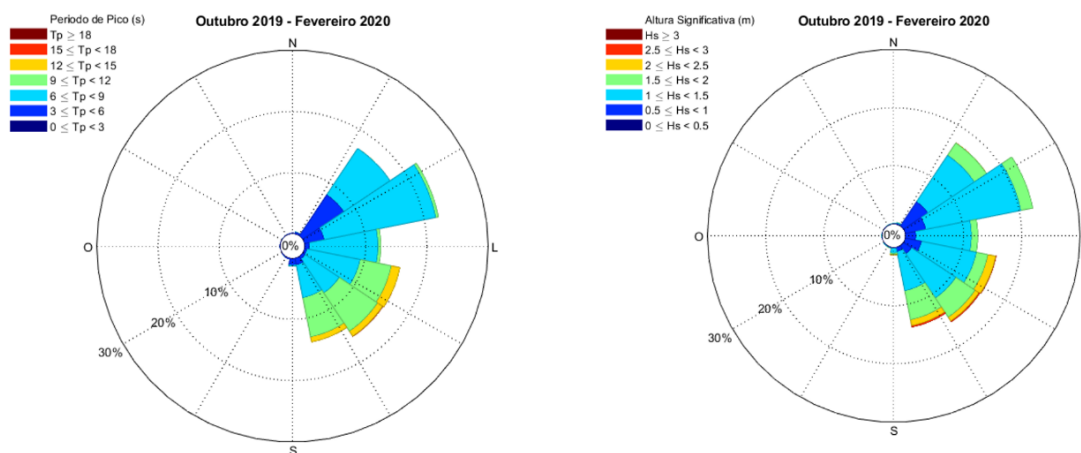


Figura 6: Rosas direcionais de Tp e Hs para o período do segundo ano (transição ano 2) (outubro 2019 – setembro 2020).

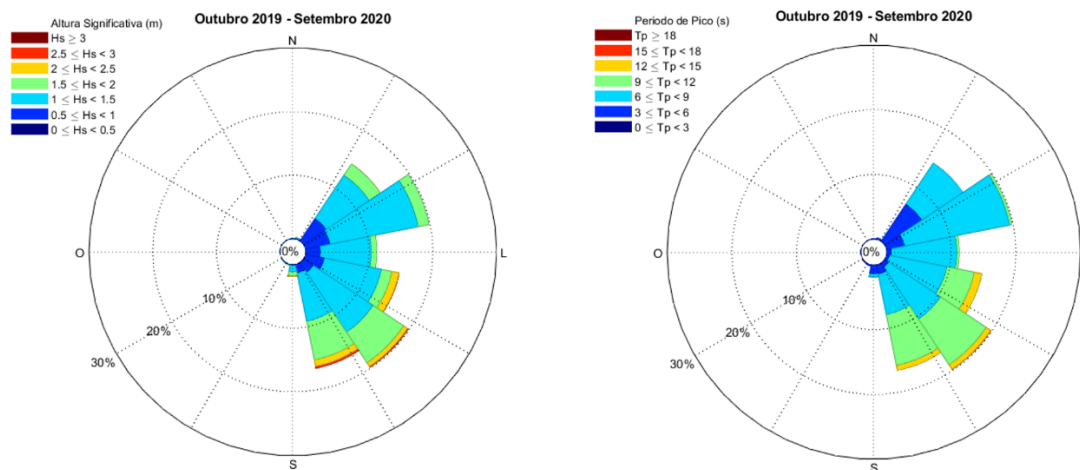
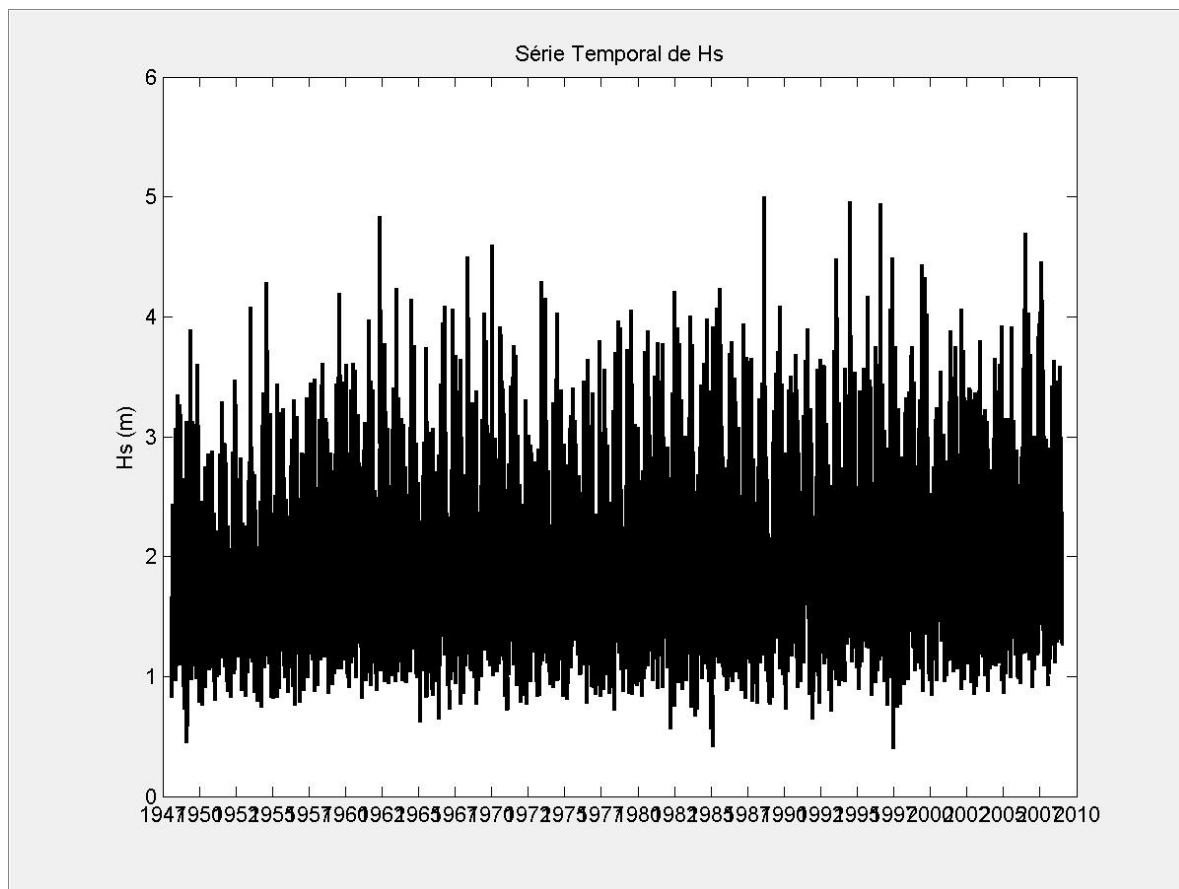


Figura 7: Série temporal utilizada para a modelagem de ondas (DOW – Downsampling ocean waves) dados de 1947 a 2010.



Fonte: AMEVA – SMC Brasil.

Figura 8: Histograma e rosa direcional de Hs para os dados da série temporal utilizados na modelagem de ondas. Análise multidecadal.

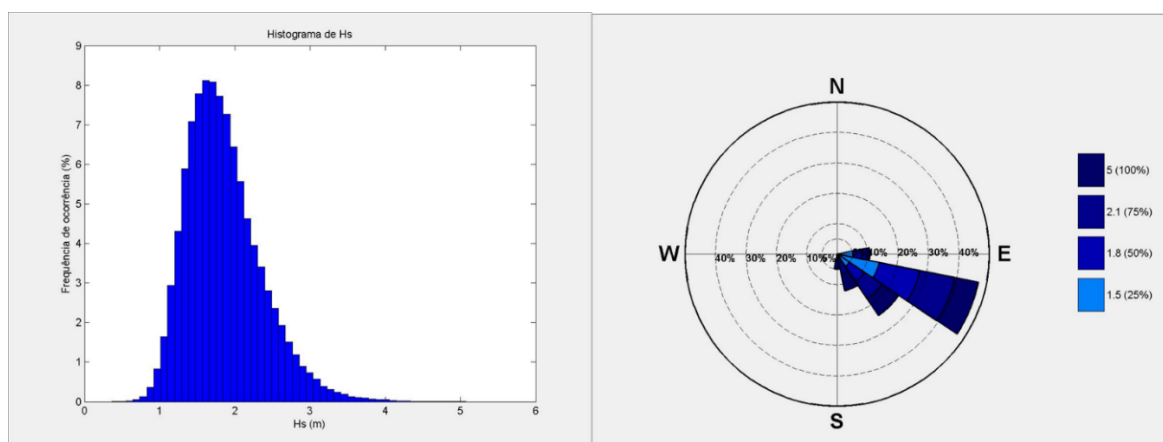


Figura 9: Tabela descritiva de estatísticas básicas de Hs para os dados da série temporal utilizada na modelagem de ondas.
Análise multidecadal.

TABELA ESTATÍSTICAS BÁSICAS

Variável medida: Hs

direções(Nº)	prob.direção	Hs _{50%}	Hs _{90%}	Hs _{99%}	Hs ₁₂
N	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
NNE	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
NE	0.0000	0.7979	0.7979	0.7979	0.7979
ENE	0.0025	1.1457	1.7088	1.9731	2.2315
E	0.1070	1.5188	2.0838	2.7571	3.1542
ESE	0.4727	1.6956	2.3135	2.9057	3.3502
SE	0.2427	1.8463	2.5260	3.1571	3.7140
SSE	0.1227	2.0998	2.8321	3.5376	4.0384
S	0.0493	2.3899	3.3002	4.1239	4.6962
SSW	0.0032	2.7664	3.6954	4.6637	4.8483
SW	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
WSW	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
W	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
WNW	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
NW	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
NNW	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000

Figura 10: Estatística de valores extremos pelo método GEV (Generalized Extreme-Value) mostrando o período de retorno de valores de Hs do regime extremo em anos.

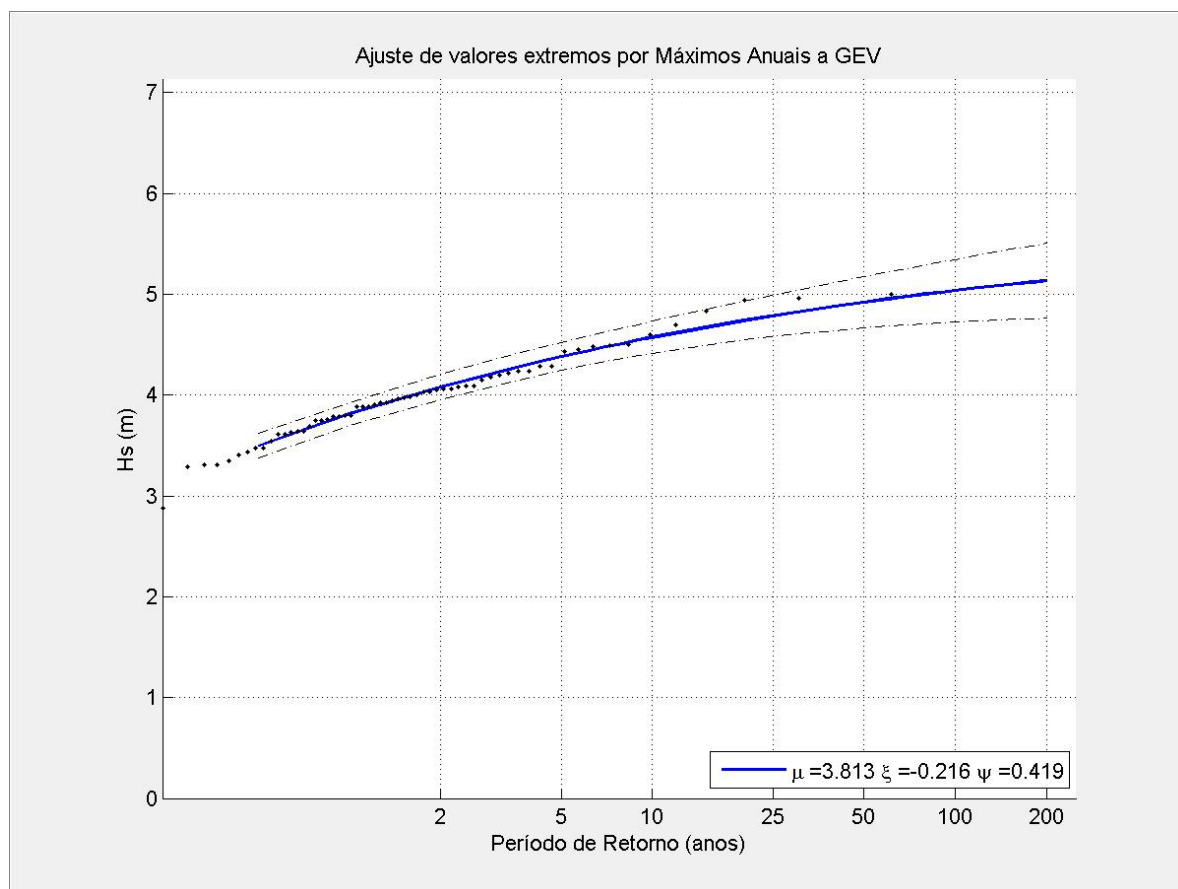


Figura 11: Dispersão dos casos de ondas, pontos em vermelho mostram os casos utilizados para propagação em águas rasas e detalhamento dos valores de Hs (m) Tp (s) e Dir (direção em graus).

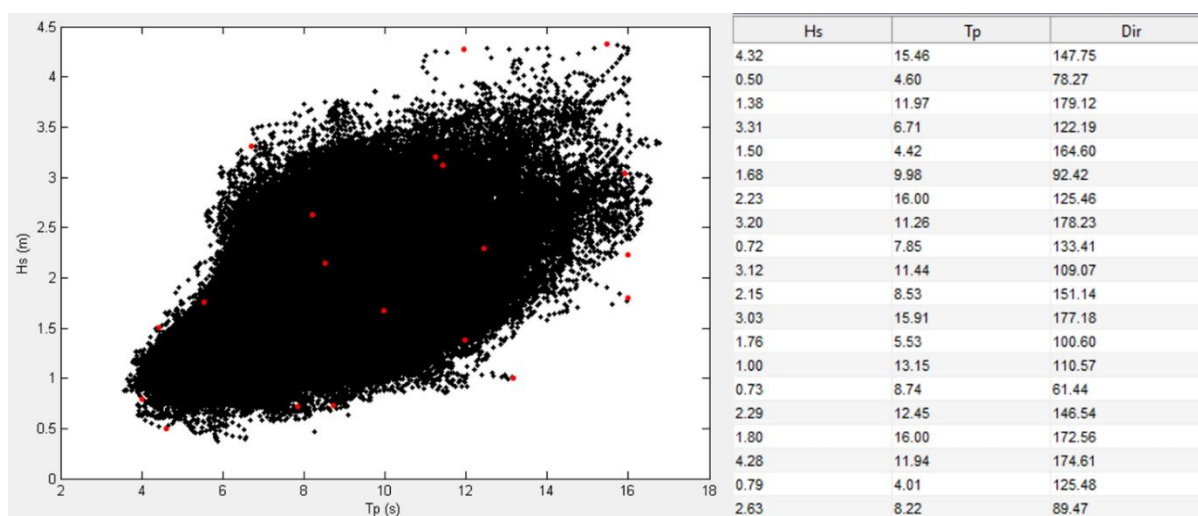


Figura 12: Exemplos de casos mais significativos utilizados na análise de transporte de sedimentos (vetores) (A) e variação regional em nas alturas de ondas Hs (em escala de cores) e correntes geradas por ondas (vetores) (B).

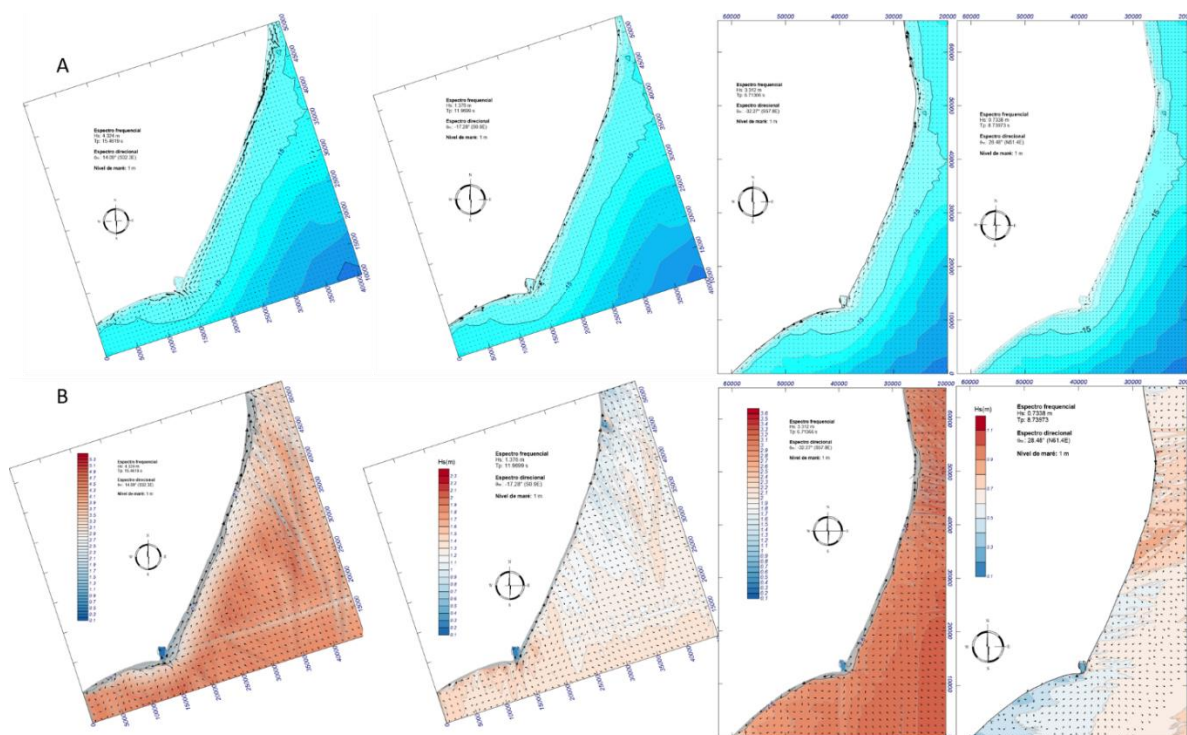
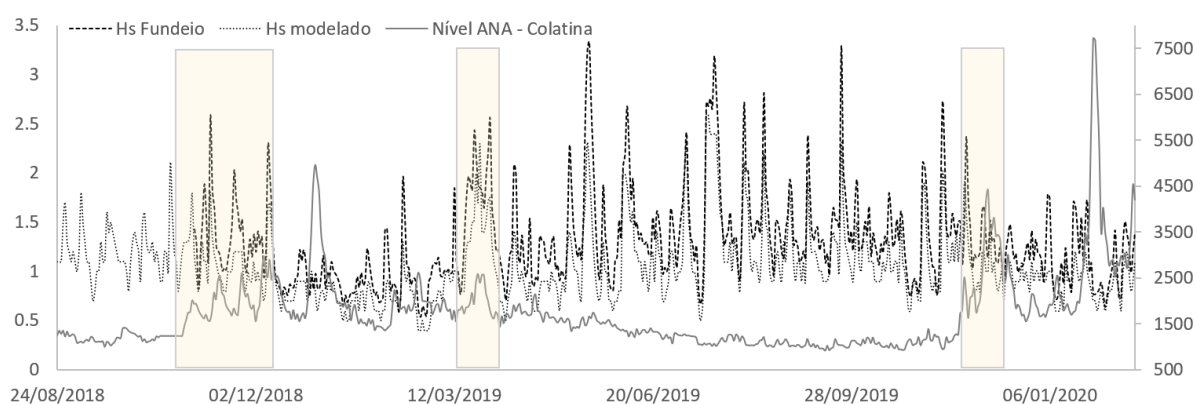


Figura 13: Análise integrada do regime de cheias do Rio Doce e Hs para o período de monitoramento, considerando os levantamentos de campo (de setembro de 2018 a fevereiro de 2020). Notar que o período em que o nível do rio começa a se elevar no final dos anos de 2018 e 2019 assim como em abril de 2018 há ocorrência de ondas com Hs maiores que 1,8 m. Esta conjugação de elevação nos níveis do rio e Hs podem ser considerados períodos de maiores aportes fluviais e/ou incremento da atuação das ondas na dispersão e disponibilidade de contaminantes no ambiente praiar.



1.2 MORFOLOGIA

1.2.1 Perfis topobatimétricos das praias monitoradas

Figura 14: Perfil de praia (acima) e parâmetros morfométricos (abaixo): Comprimento da praia (m), Inclinação da face (°), Volume (m³) e Altura da duna frontal da estação amostral S1 (Praia Mole). A praia emersa se apresenta estreita, com a face inclinada e perfil aplainado na antepraia rasa, associado à presença de terraços. A evolução temporal demonstra a baixa mobilidade do perfil, com pequenos avanços e recuos da face e desestabilização da duna frontal em fevereiro de 2020.

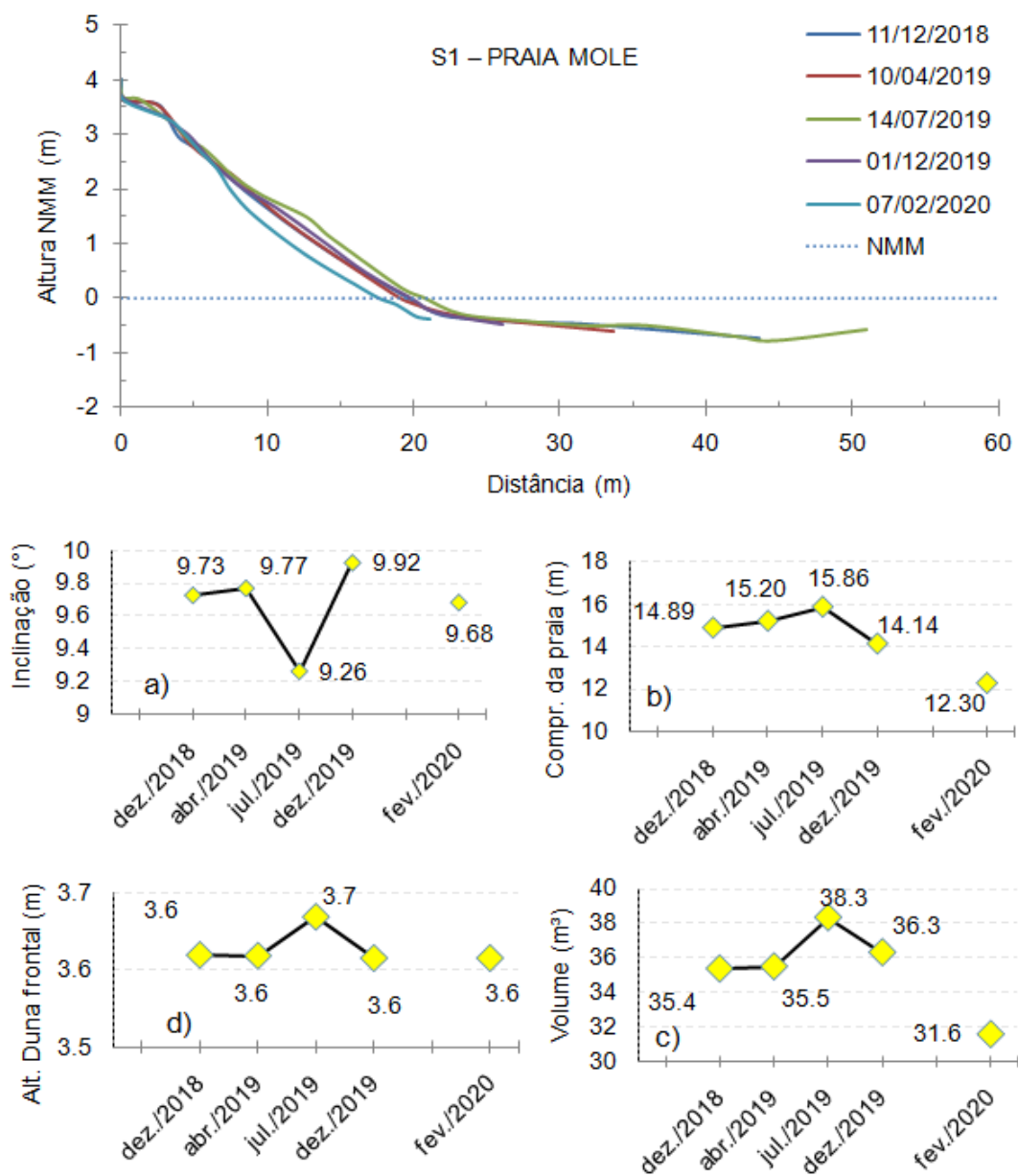


Figura 15: Perfil batimétrico da estação amostral S1 (Praia Mole). O relevo na antepraia é irregular, associado à presença de terraços lateríticos. A partir dos 8 m de profundidade a declividade do leito torna-se mais suave em direção à costa, indicando ser essa a profundidade provável de mobilização de sedimentos pelas ondas na antepraia (perfil de fechamento).

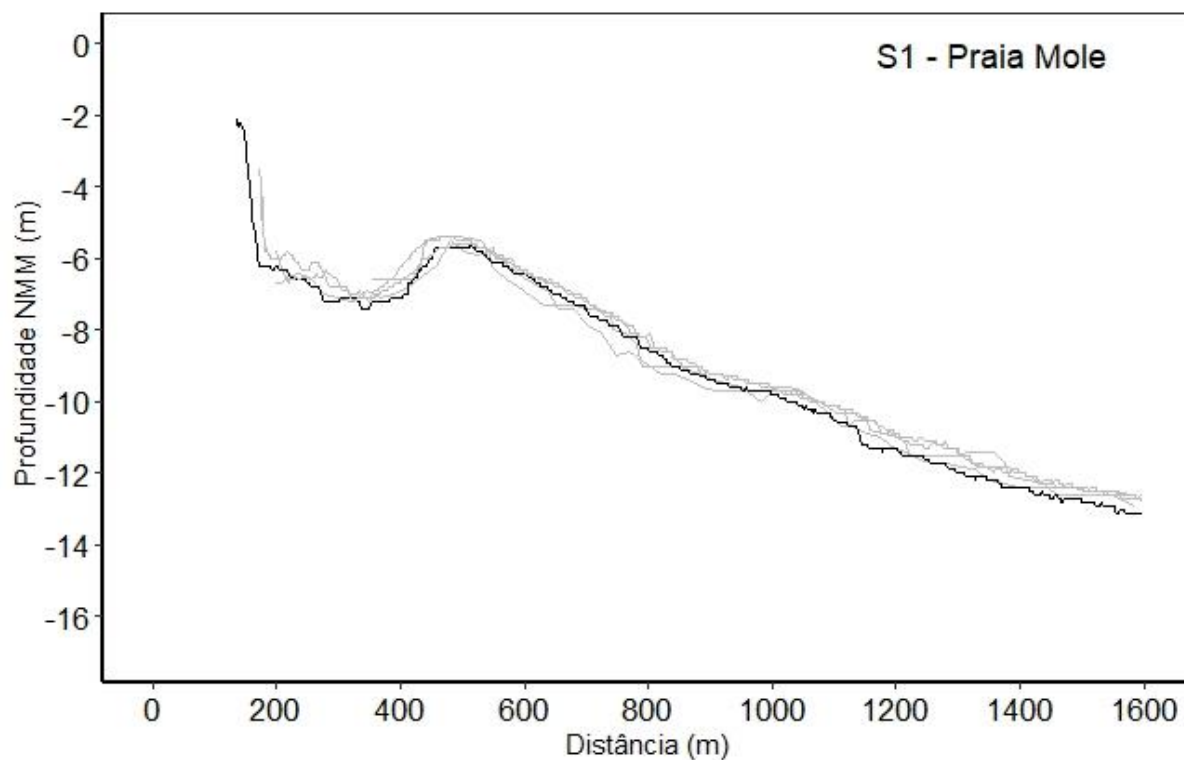


Figura 16: Perfil de praia (acima) e parâmetros morfométricos (abaixo): Comprimento da praia (m), Inclinação da face (°), Volume (m³) e Altura das dunas frontais (m) da estação amostral S2 (Praia Mole). A praia emersa se apresenta estreita, com a face inclinada e perfil aplainado na antepraia rasa, associado à presença de terraços. A evolução temporal demonstra a baixa mobilidade do perfil, com pequenos avanços e recuos da face e desestabilização da duna frontal em fevereiro de 2020.

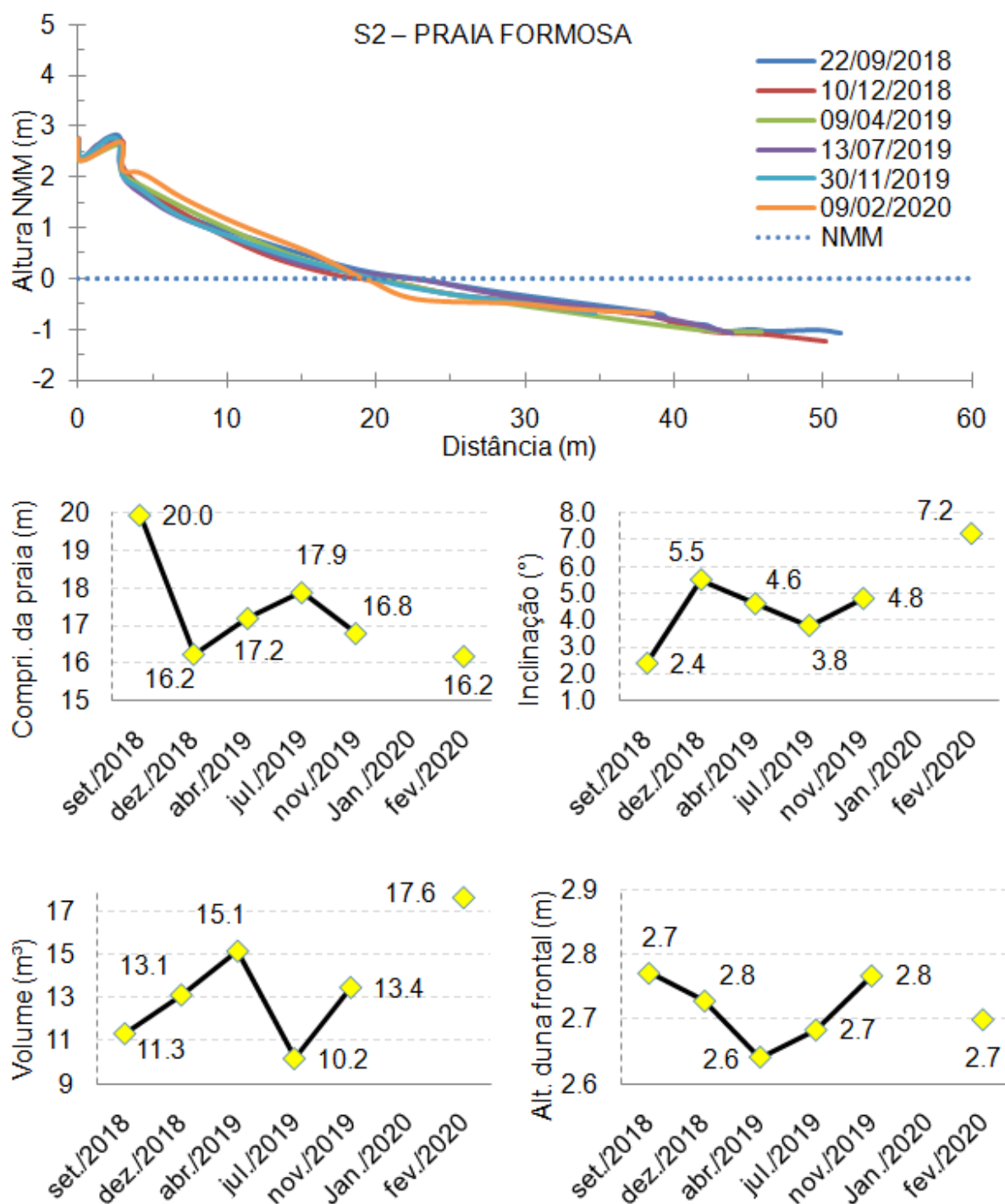


Figura 17: Perfil batimétrico da estação amostral S2 (Praia Mole). O perfil eleva-se gradativamente em direção à praia com uma declividade média de $0,45^\circ$ até atingir a profundidade de 8 m abaixo do nível médio do mar, quando se inicia um incremento da declividade em direção à costa sugerindo ser esta a profundidade de fechamento do perfil da antepraia. As irregularidades morfológicas do assoalho marinho devem-se a presença de lateritas na antepraia.

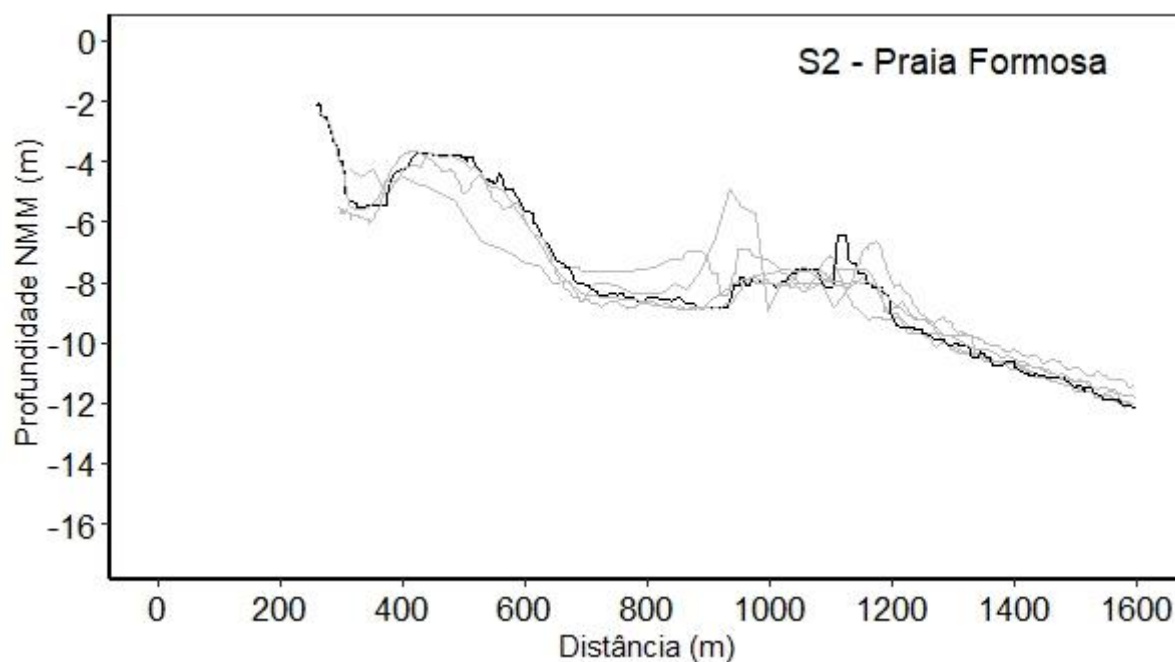


Figura 18: Perfil de praia (acima) e parâmetros morfométricos (abaixo): Comprimento da praia (m), Inclinação da face ($^{\circ}$), Volume (m^3) e Altura da duna frontal da estação amostral S3 (Putiri). A praia emersa se apresenta estreita, com a face inclinada e perfil aplainado na antepraia rasa associado à presença de terraços. A evolução temporal demonstra a baixa mobilidade do perfil, com pequenos avanços e recuos da face e desestabilização da duna frontal em julho de 2019 e avanço da face praial em fevereiro de 2020.

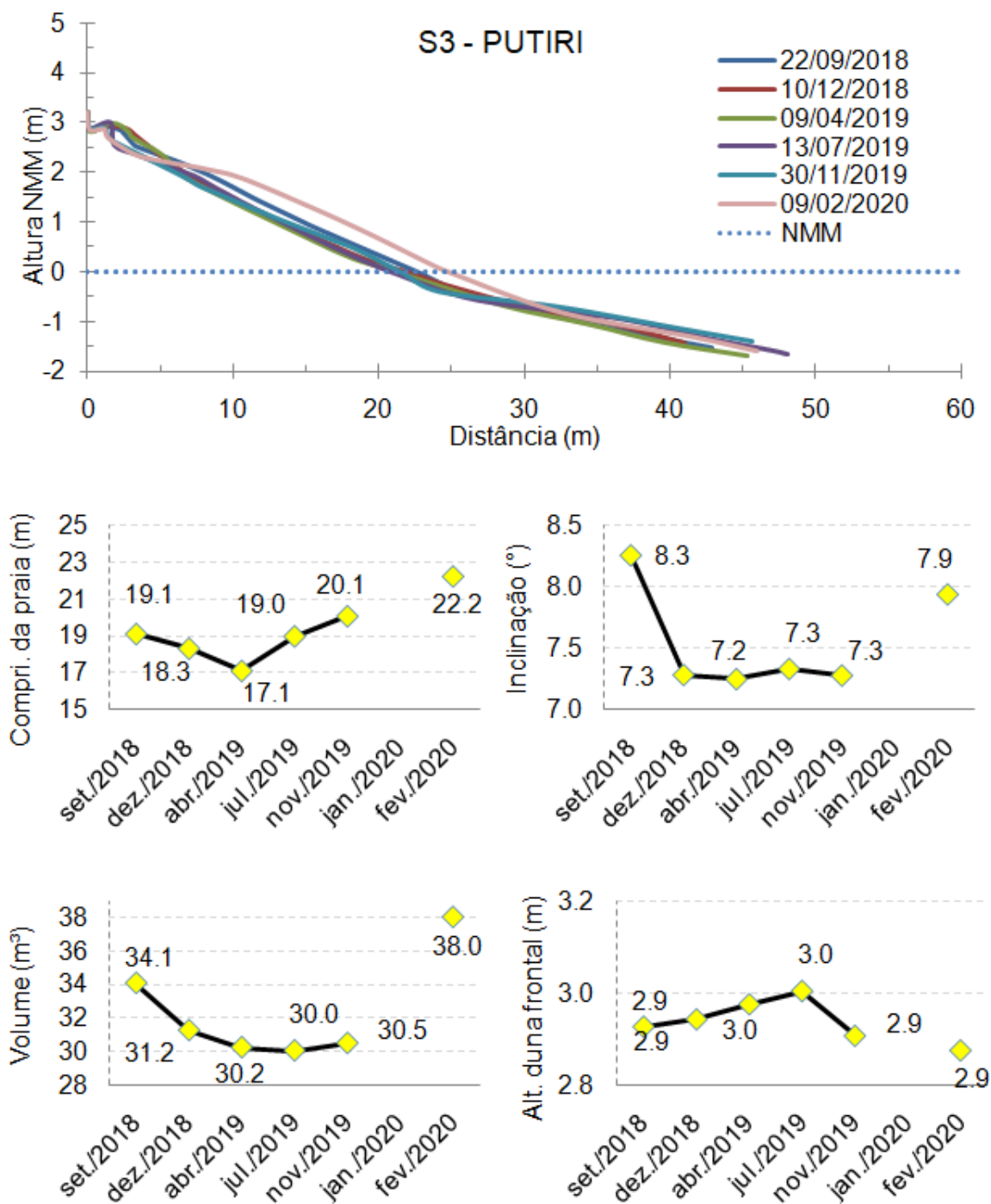


Figura 19: Perfil batimétrico da estação amostral S3 (Putiri). O perfil se eleva gradativamente em direção à costa com uma declividade média de $0,5^\circ$ e com a presença marcante de irregularidades no assoalho associado à presença de terraços. A profundidade de fechamento da antepraia aproximadamente se localiza à profundidade de 10 m, considerando uma tendência de incremento da declividade.

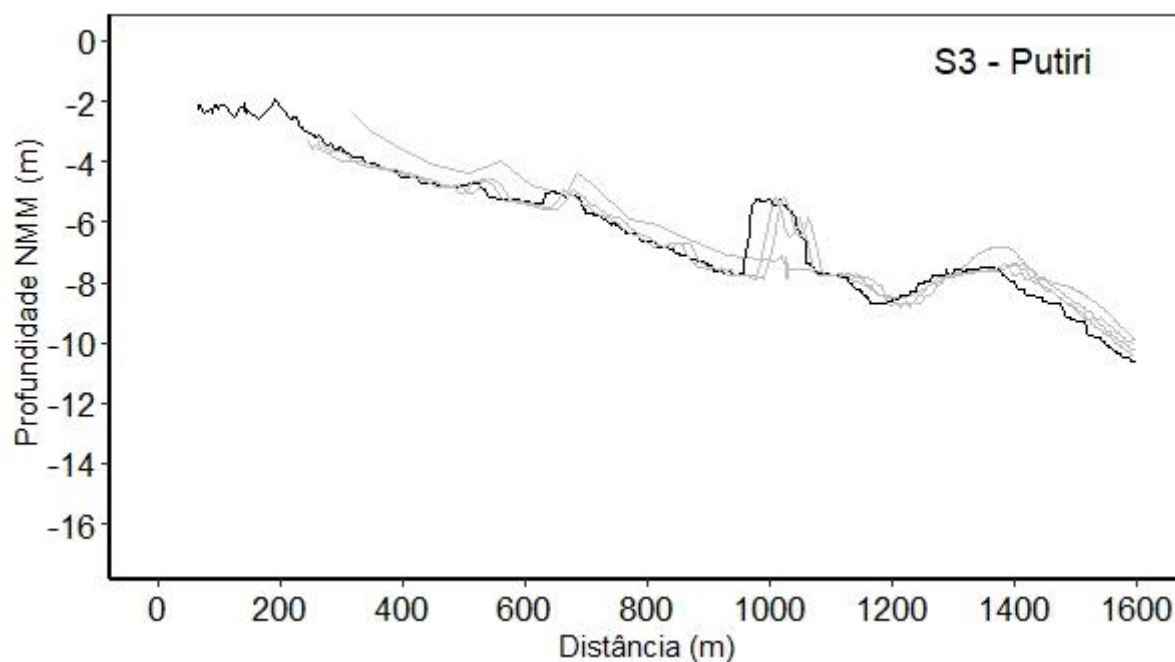


Figura 20: Perfil de praia (acima) e parâmetros morfométricos (abaixo): Comprimento da praia (m), Inclinação da face (°), Volume (m³) e Altura da duna frontal da estação amostral S4 (Barra do Riacho). A face praial apresenta larga, com declividade alta, e mobilidade de perfil associado à construção de cúspides na praia.

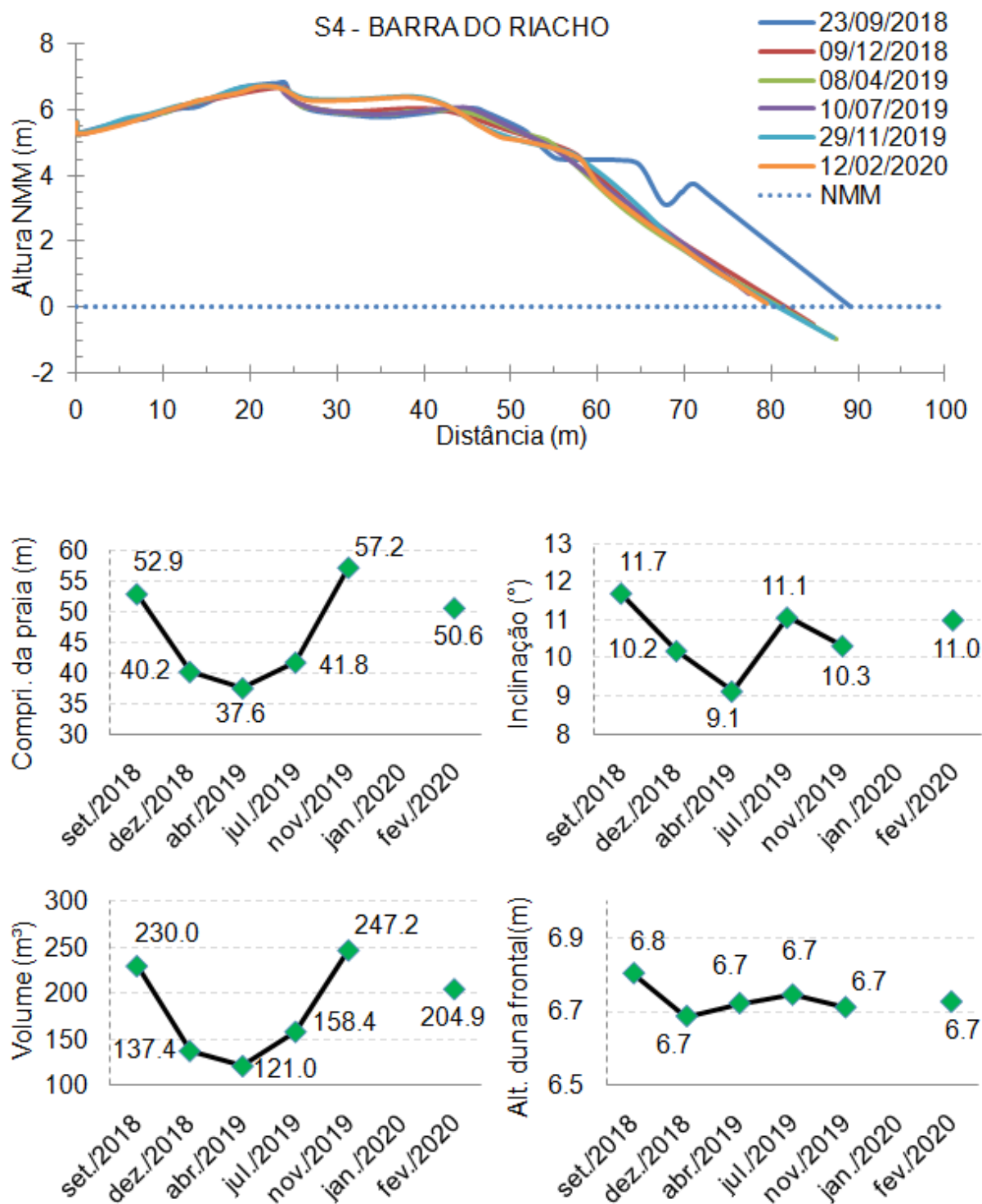


Figura 21: Perfil batimétrico da estação amostral S4 (Barra do Riacho). O perfil se eleva numa declividade média de 0,51 (°), a profundidade de fechamento da antepraia superior foi observada em torno de 8 m abaixo do nível médio do mar e o limite da antepraia inferior em torno dos 14 m.

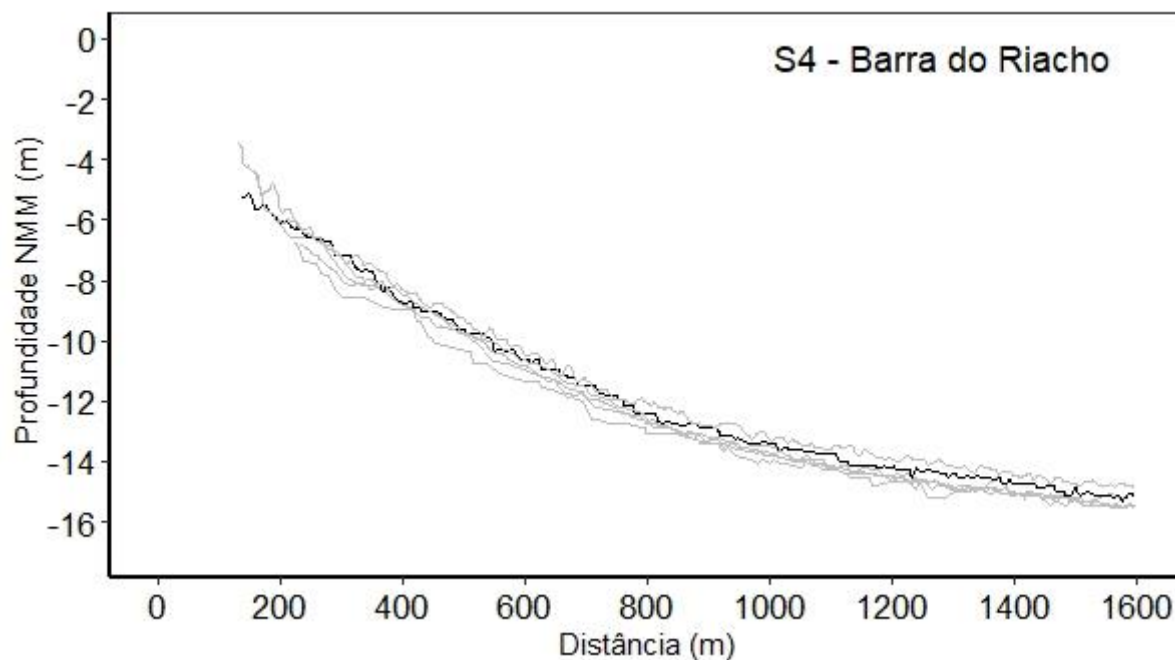


Figura 22: Perfil de praia (acima) e parâmetros morfométricos (abaixo): Comprimento da praia (m), Inclinação da face (°), Volume (m³) e Altura da duna frontal da estação amostral S5 (Terra Indígena de Comboios). A praia emersa se apresenta relativamente larga, com a face inclinada e alta mobilidade de bancos e calhas na antepraia. A evolução temporal demonstra a alta mobilidade do perfil, com avanços e recuos da face e berma e desestabilização da duna frontal a partir de julho de 2019.

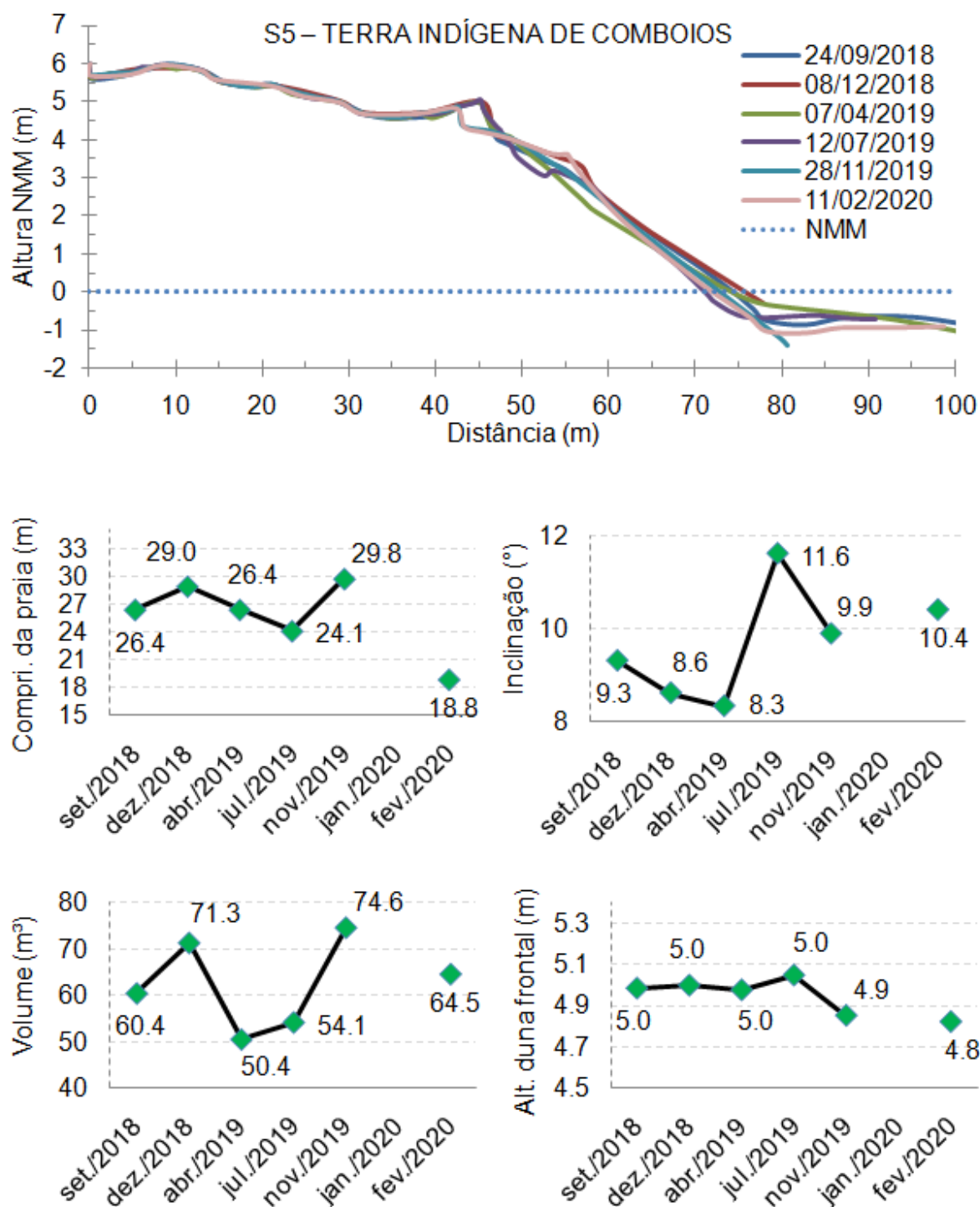


Figura 23: Perfil batimétrico da estação amostral S5 (Terra Indígena de Comboios). O perfil se eleva numa declividade média de 1,13 (°), até a profundidade de fechamento de fechamento em aproximadamente 15m de profundidade onde o perfil sofre incremento da declividade.

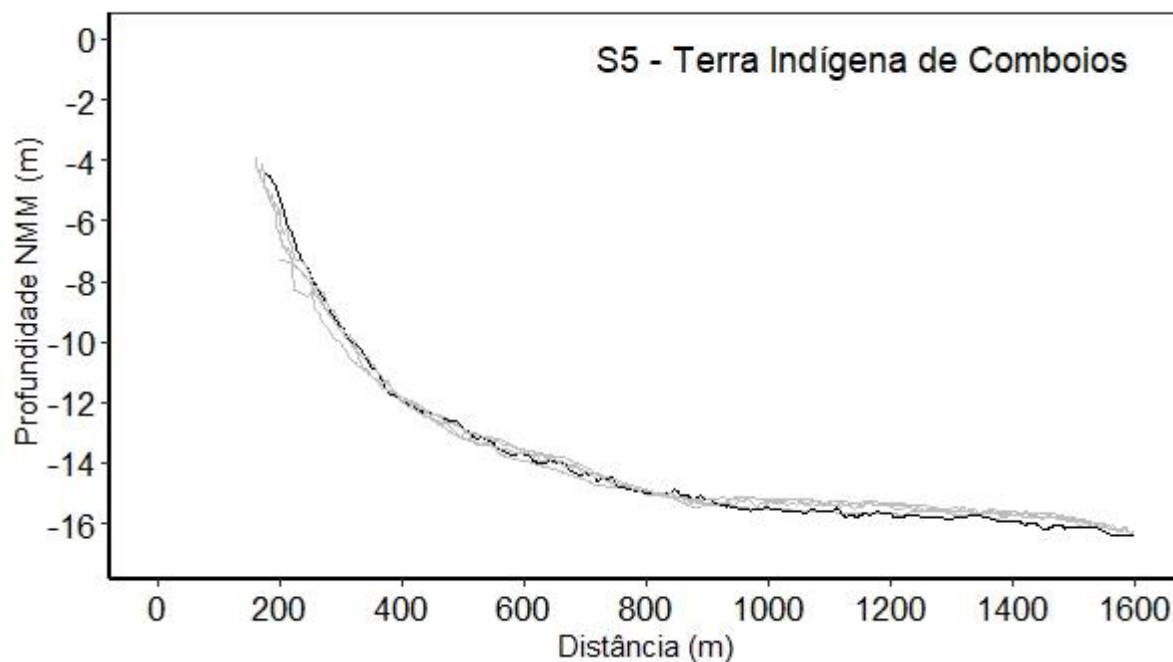


Figura 24: Perfil de praia (acima) e parâmetros morfométricos (abaixo): Comprimento da praia (m), Inclinação da face (°), Volume (m³), e Altura da duna frontal da estação S6 (Rebio de Comboios). A praia emersa se apresenta relativamente larga, com a face inclinada e alta mobilidade das feições. A evolução temporal demonstra a alta mobilidade do perfil.

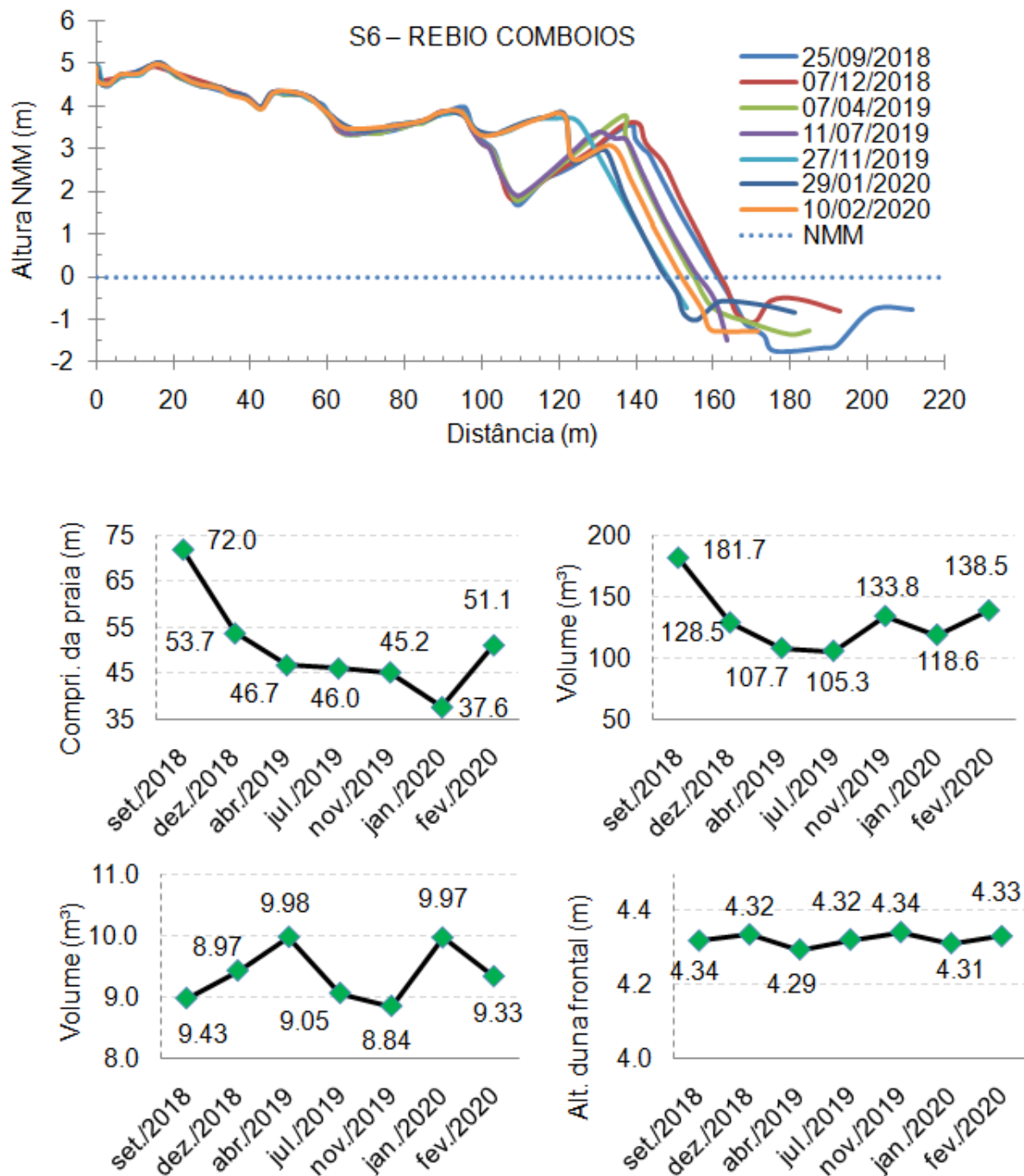


Figura 25: Perfil batimétrico da estação amostral S6 (Rebio de Comboios). O perfil é suave ($0,18^\circ$) e se eleva abruptamente a partir da profundidade de fechamento, em torno de 15m em torno de 300m da costa, refletindo na alta exposição desse setor à ação das ondas.

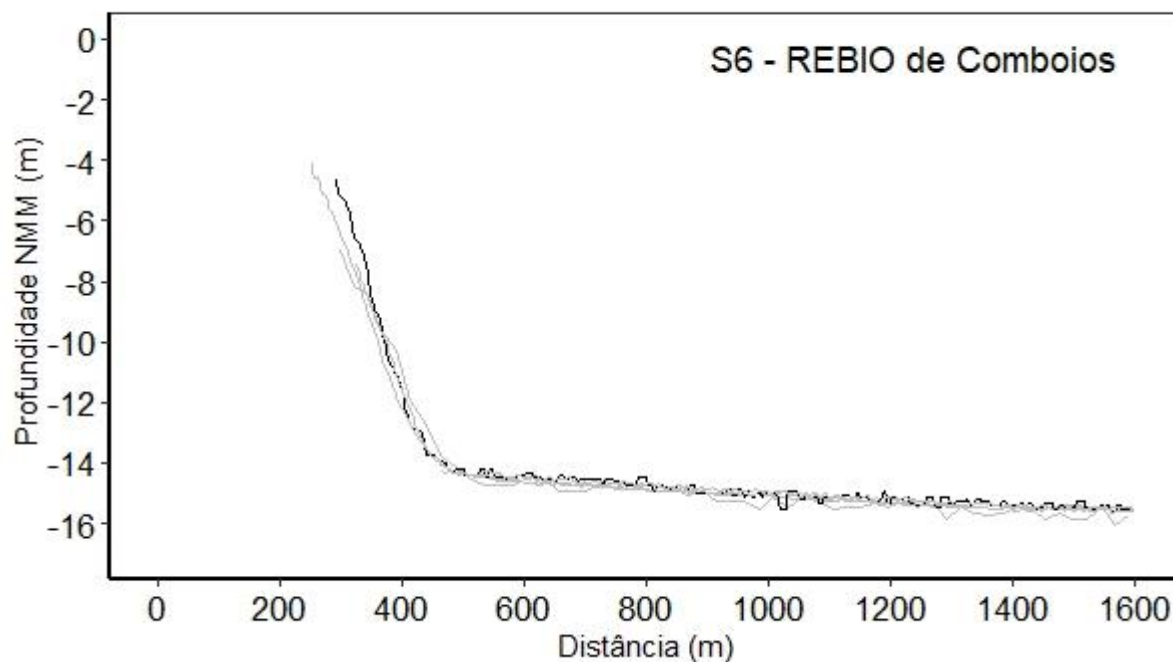


Figura 26: Perfil de praia (acima) e parâmetros morfométricos (abaixo): Comprimento da praia (m), Inclinação da face (°), Volume (m³) e Altura da duna frontal da estação amostral S7 (Regência). A praia emersa se apresenta relativamente larga, com a face inclinada e mobilidade das feições. A evolução temporal demonstra a alta mobilidade do perfil, com avanço da face praial na ordem de 15m entre dezembro de 2019 e janeiro de 2020.

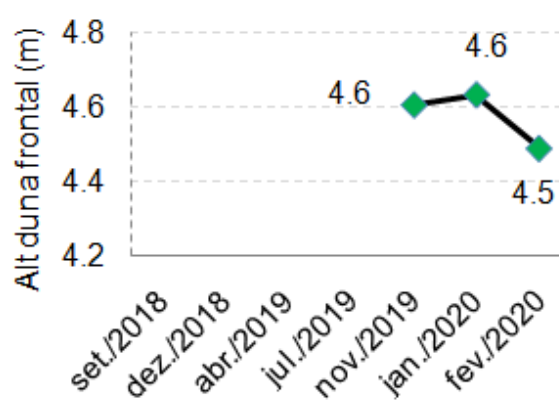
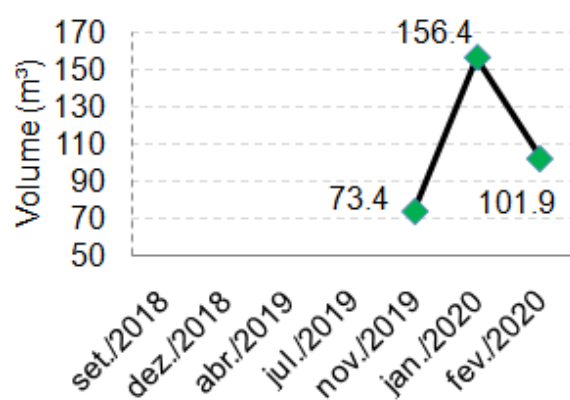
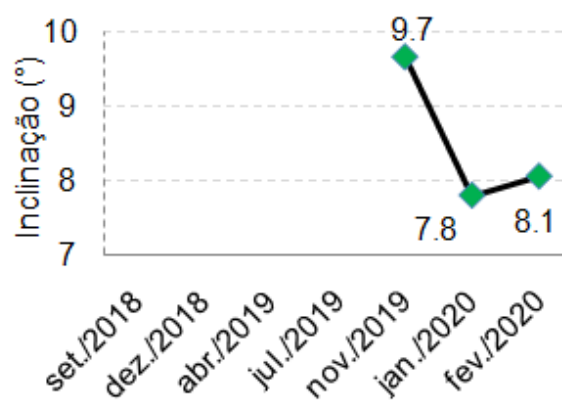
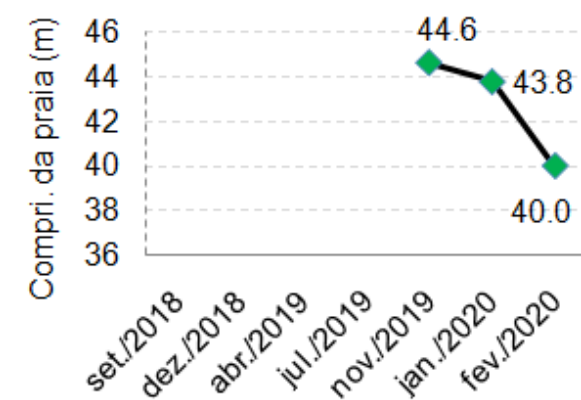
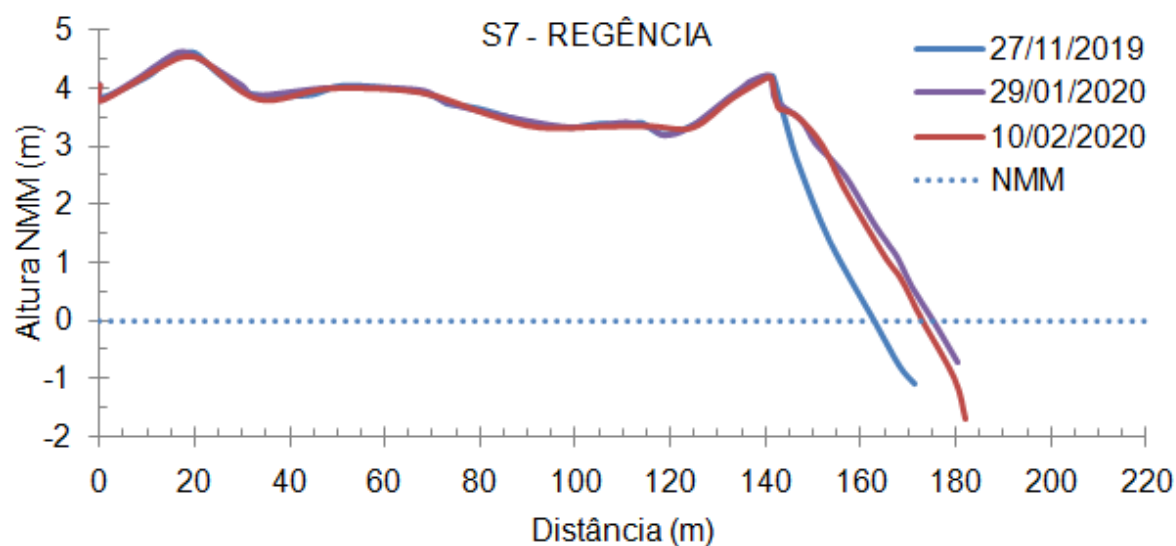


Figura 27: Perfil batimétrico da estação amostral S7 (Regência). O perfil se eleva numa declividade média de 0,19 (°) até atingir a profundidade de fechamento em torno dos 11m de profundidade a aproximadamente 500m da costa, onde o perfil sofre inflexão.

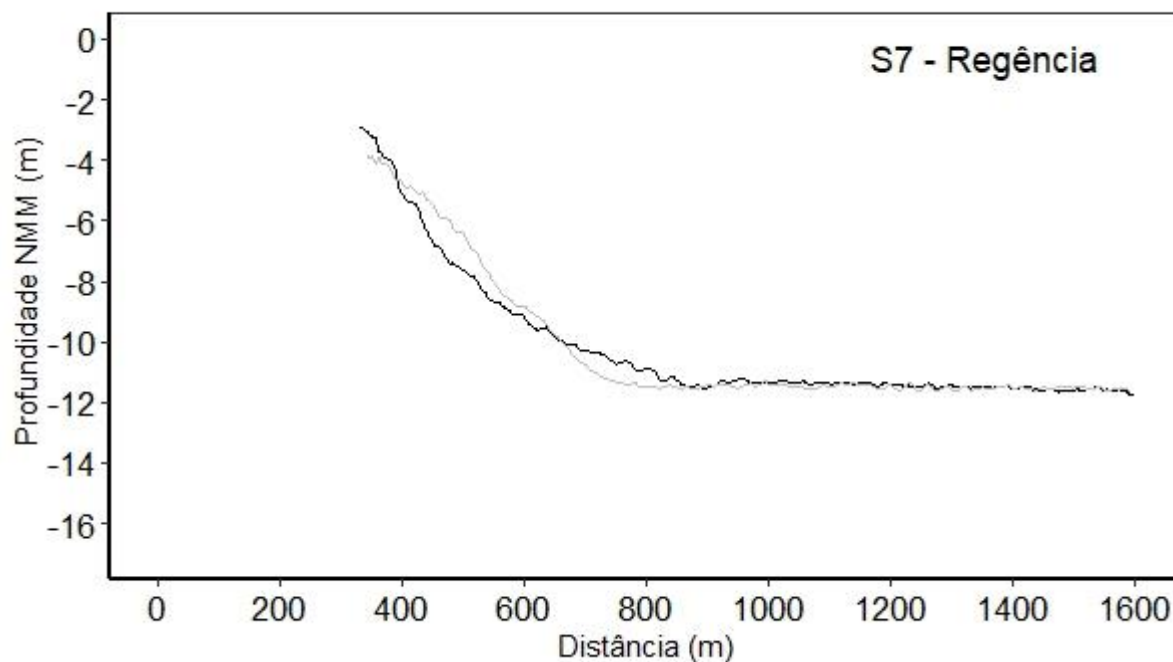


Figura 28: Perfil de praia (acima) e parâmetros morfométricos (abaixo): Comprimento da praia (m), Inclinação da face (°), Volume (m³) de sedimento no perfil da estação amostral N1 (Povoação). A praia emersa se apresenta relativamente estreita, com a face inclinada e alta mobilidade das feições. A evolução temporal demonstra a alta mobilidade do perfil, associado a processos erosivos na ordem de 15m.

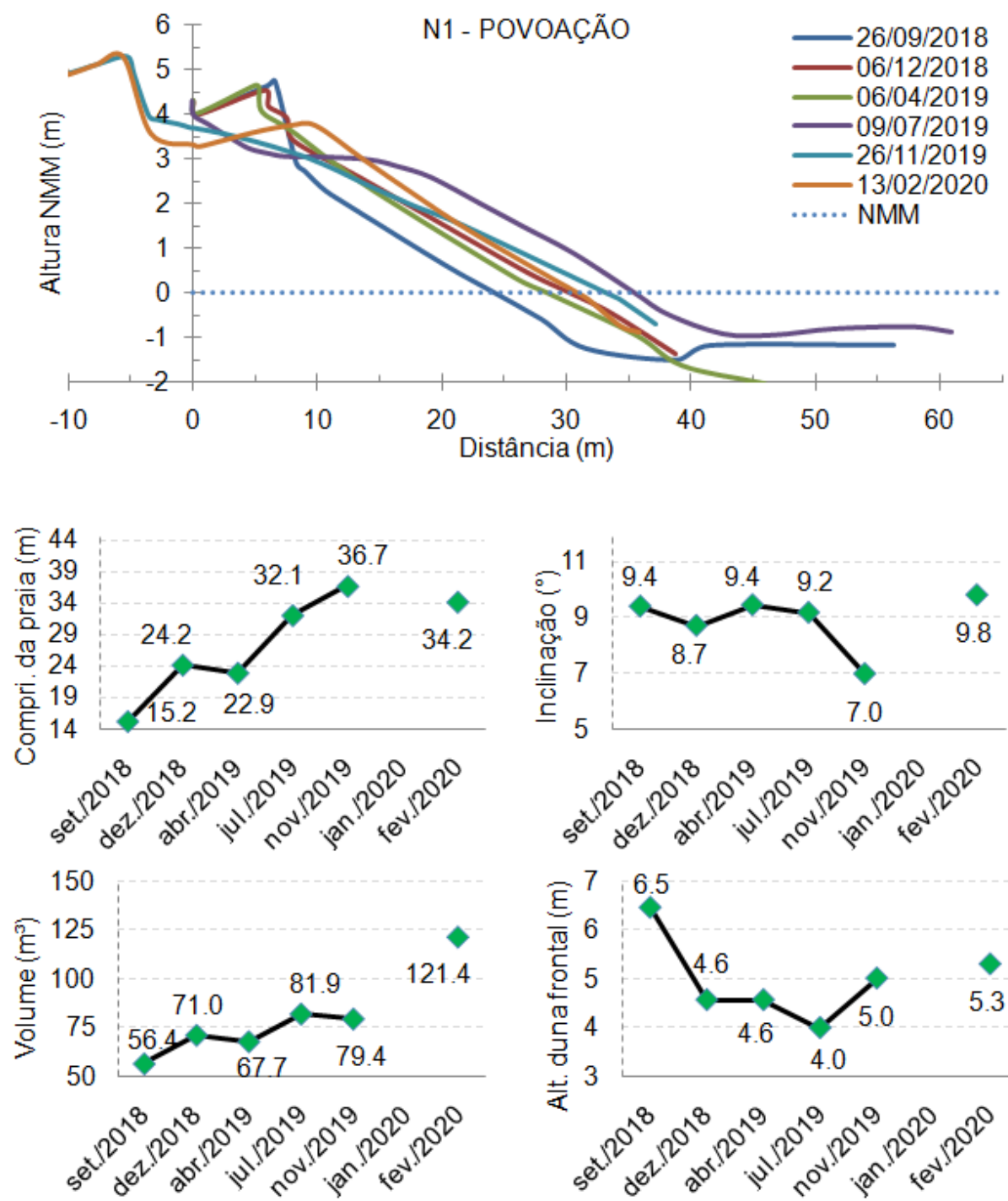


Figura 29: Perfil batimétrico da estação amostral N1 (Povoação). O perfil se eleva numa declividade média de $0,12^\circ$ até a profundidade de fechamento em torno dos 9m de profundidade a 600m da costa, onde o perfil sofre inflexão e torna-se convexo.

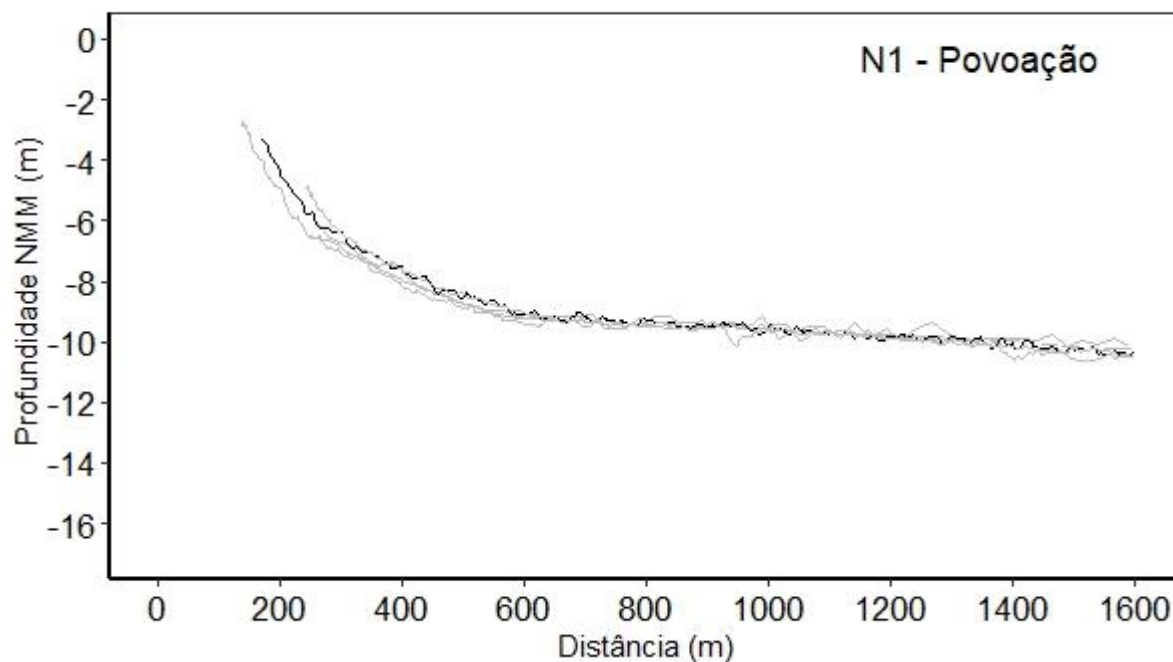


Figura 30: Perfil de praia (acima) e parâmetros morfométricos (abaixo): Comprimento da praia (m), Inclinação da face (°), Volume (m³) e Altura da duna frontal (m) da estação amostral N2 (Degredo). A praia apresenta grande mobilidade das feições com retrações e avanços da face da praia ao longo do monitoramento. A partir de julho de 2019 ocorreu a remoção total da duna frontal, com erosão na ordem de 10m.

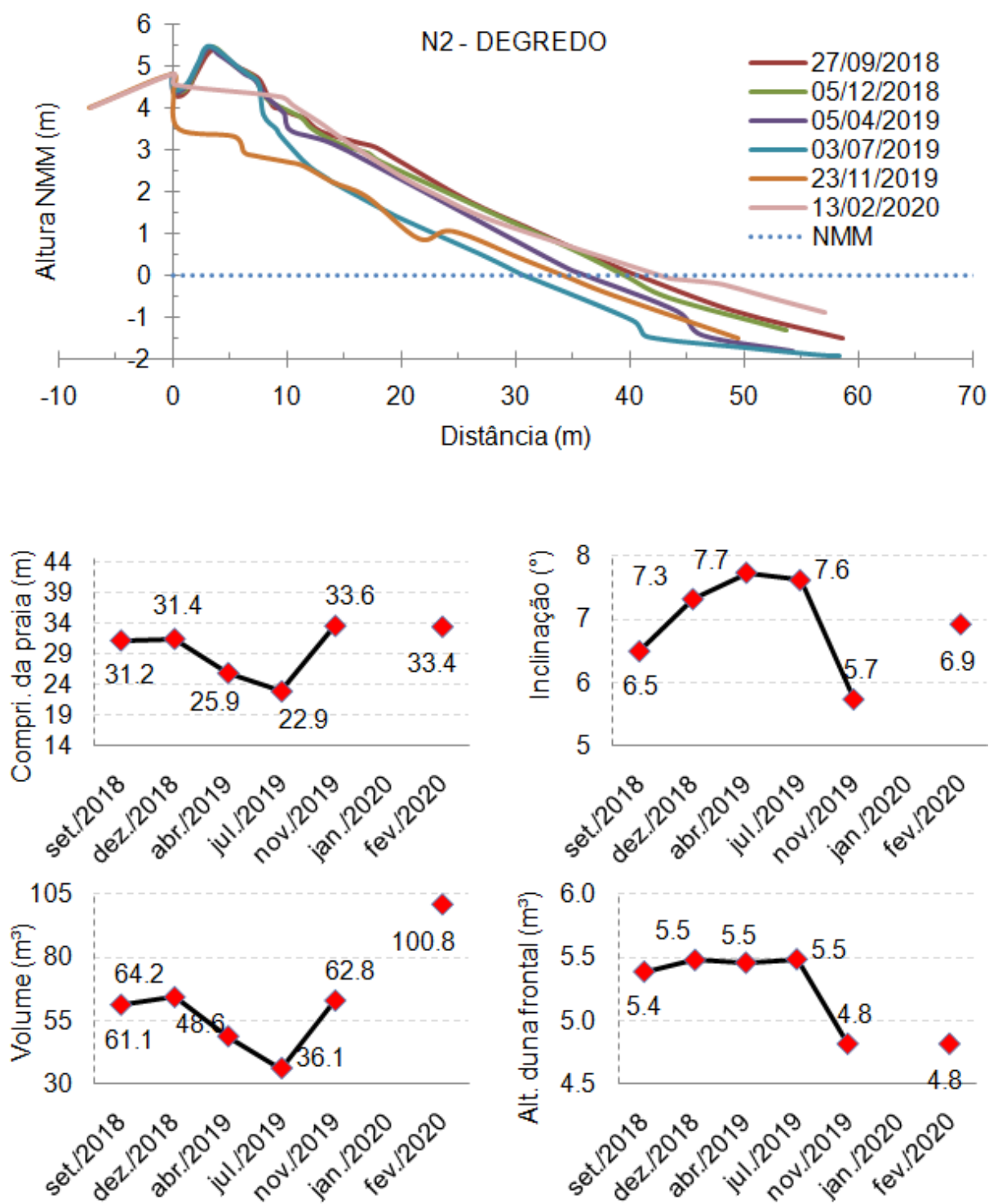


Figura 31: Perfil batimétrico da estação amostral N2 (Degredo). O perfil se eleva gradativamente numa declividade média de 0,27 (°), a profundidade de fechamento foi observada em torno de 14m de profundidade.

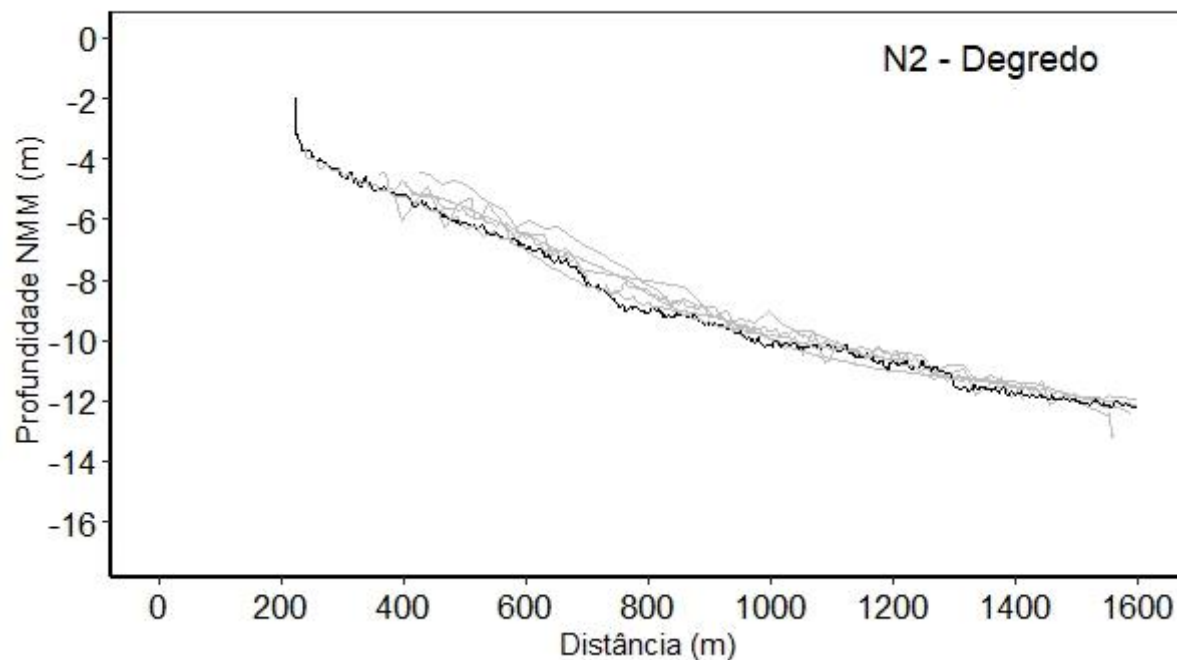


Figura 32: Perfil de praia (acima) e parâmetros morfométricos (abaixo): Comprimento da praia (m), Inclinação da face (°), Volume (m³) e Altura da duna frontal (m) da estação amostral N3 (Pontal do Ipiranga). A praia emersa se apresenta larga, face da praia relativamente menos inclinada e elevação de dunas em retropraia.

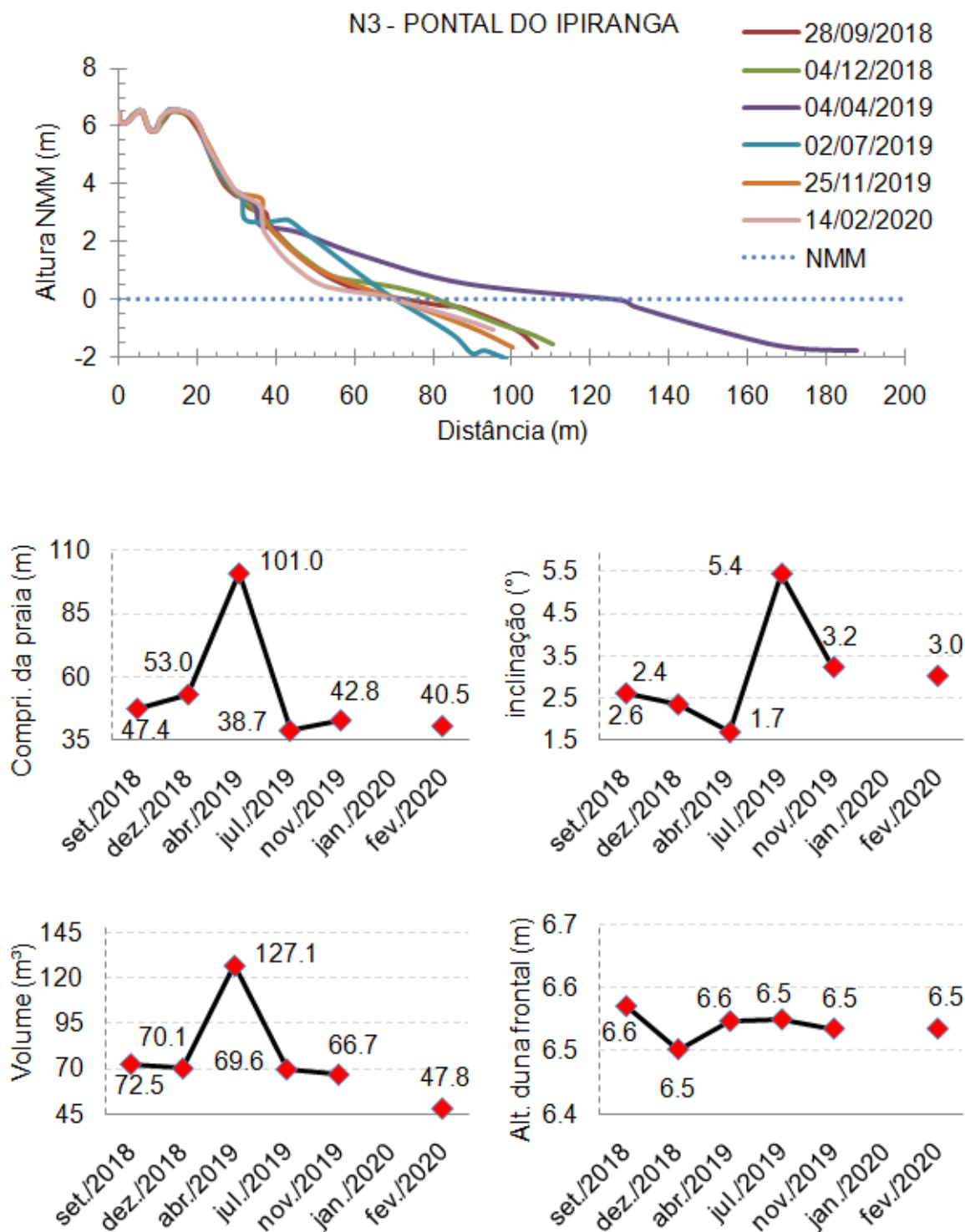


Figura 33: Perfil batimétrico da estação amostral N3 (Pontal do Ipiranga). O perfil se eleva numa declividade média de $0,20^\circ$, até a profundidade de 11m onde o perfil sofre inflexão.

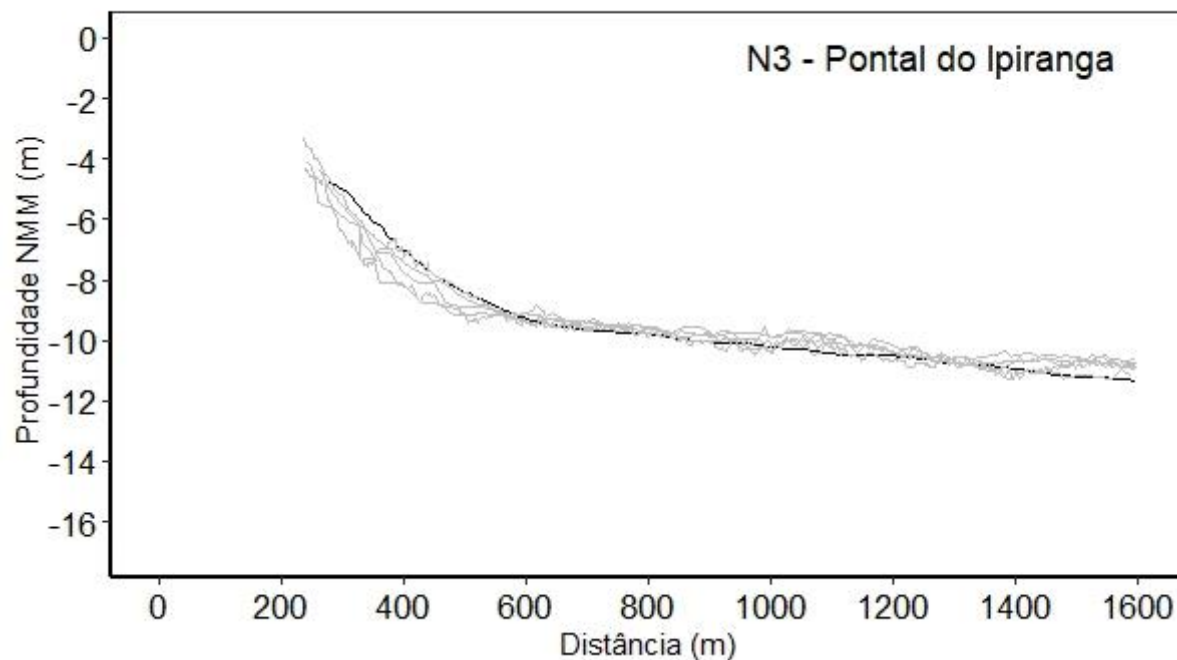


Figura 34: Perfil de praia (acima) e parâmetros morfométricos (abaixo): Comprimento da praia (m), Inclinação da face (°), Volume (m³) e Altura da duna frontal (m) da estação amostral N4 (Barra Nova). A praia emersa se apresenta relativamente larga, com a face pouco inclinada e alta mobilidade das feições. A evolução temporal demonstra a alta mobilidade do perfil, com limite máximo na base da duna frontal.

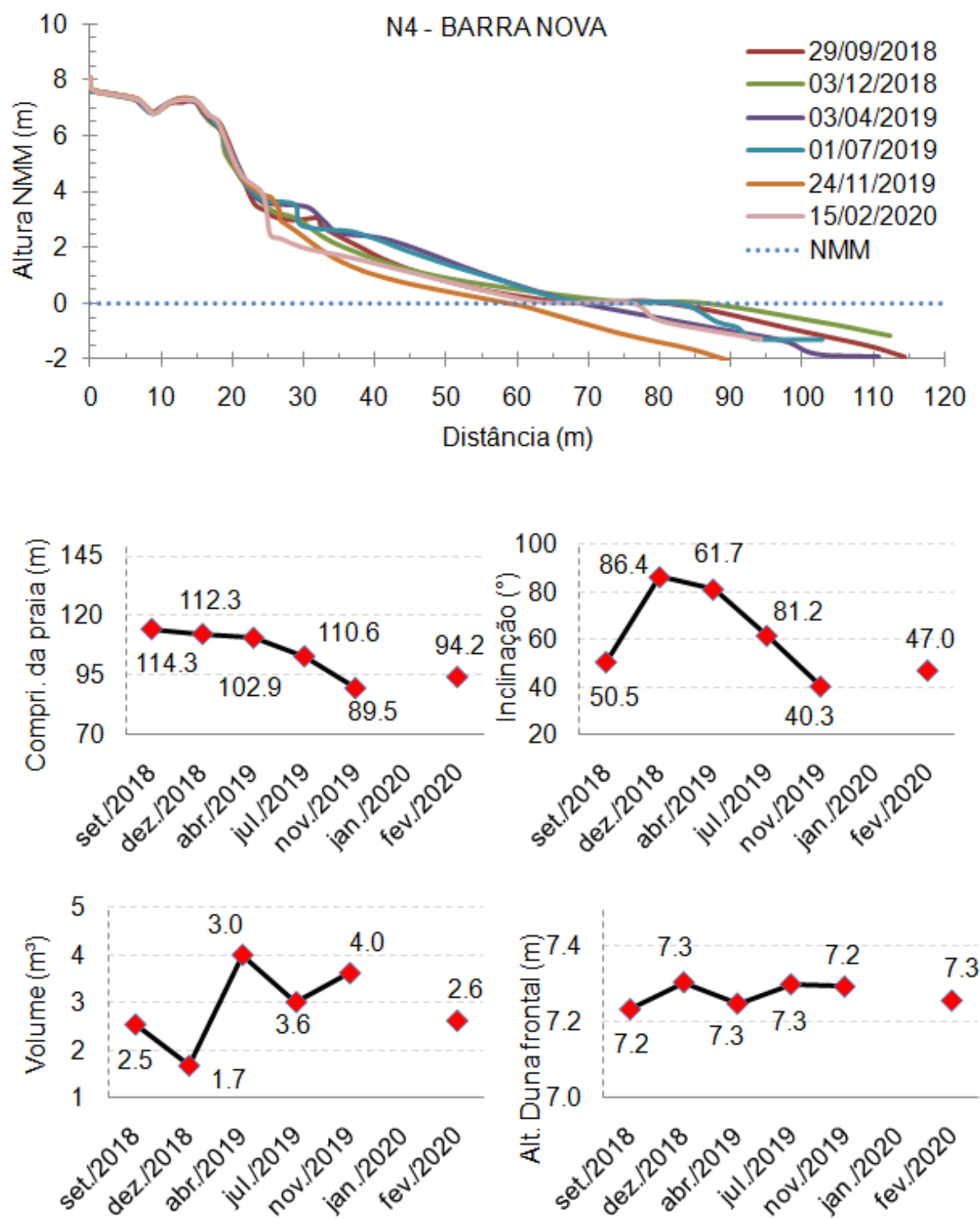


Figura 35: Perfil batimétrico da estação amostral S4 (Barra Nova). O perfil se mostra convexo em sua extensão, com elevação gradual numa declividade média de $0,34^\circ$, a profundidade de fechamento da antepraia superior foi observada em torno de 8 m abaixo do nível médio do mar.

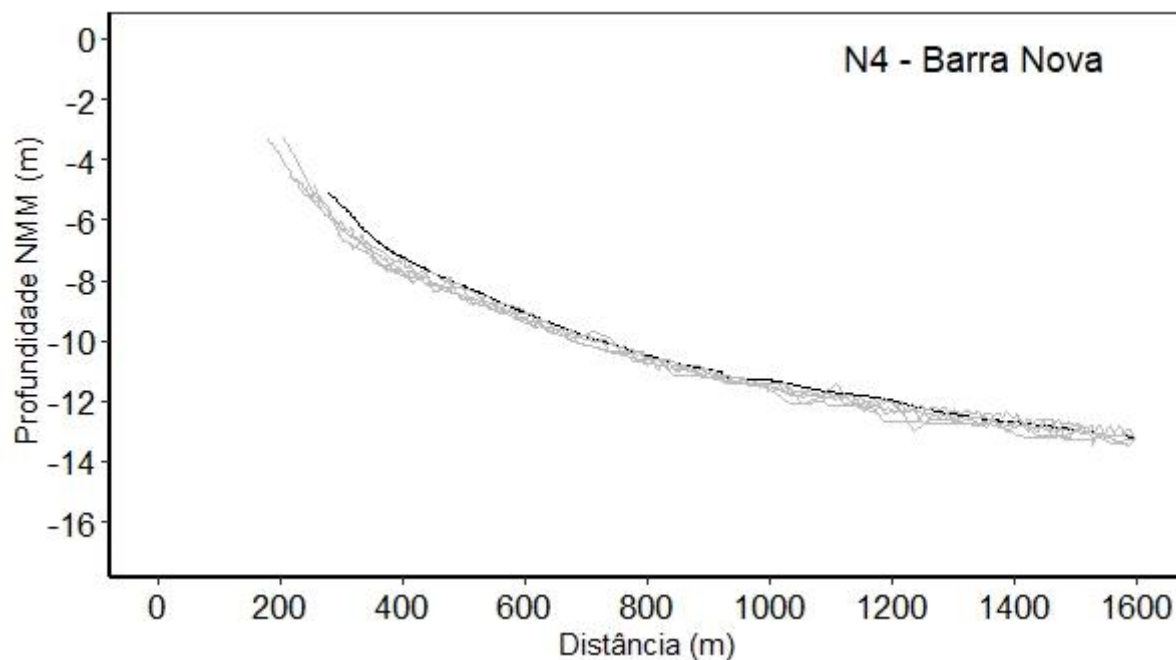


Figura 36: Perfil de praia (acima) e parâmetros morfométricos (abaixo): Comprimento da praia (m), Inclinação da face (°), Volume (m³) e Altura da duna frontal (m) da estação amostral N5 (Guriri). A praia emersa se apresenta relativamente larga, com a face pouca inclinada, presença de terraço arenoso com calhas e bancos e com afloramento do lençol durante a baixa-mar. A evolução temporal demonstra mobilidade do perfil principalmente associada ao terraço arenoso.

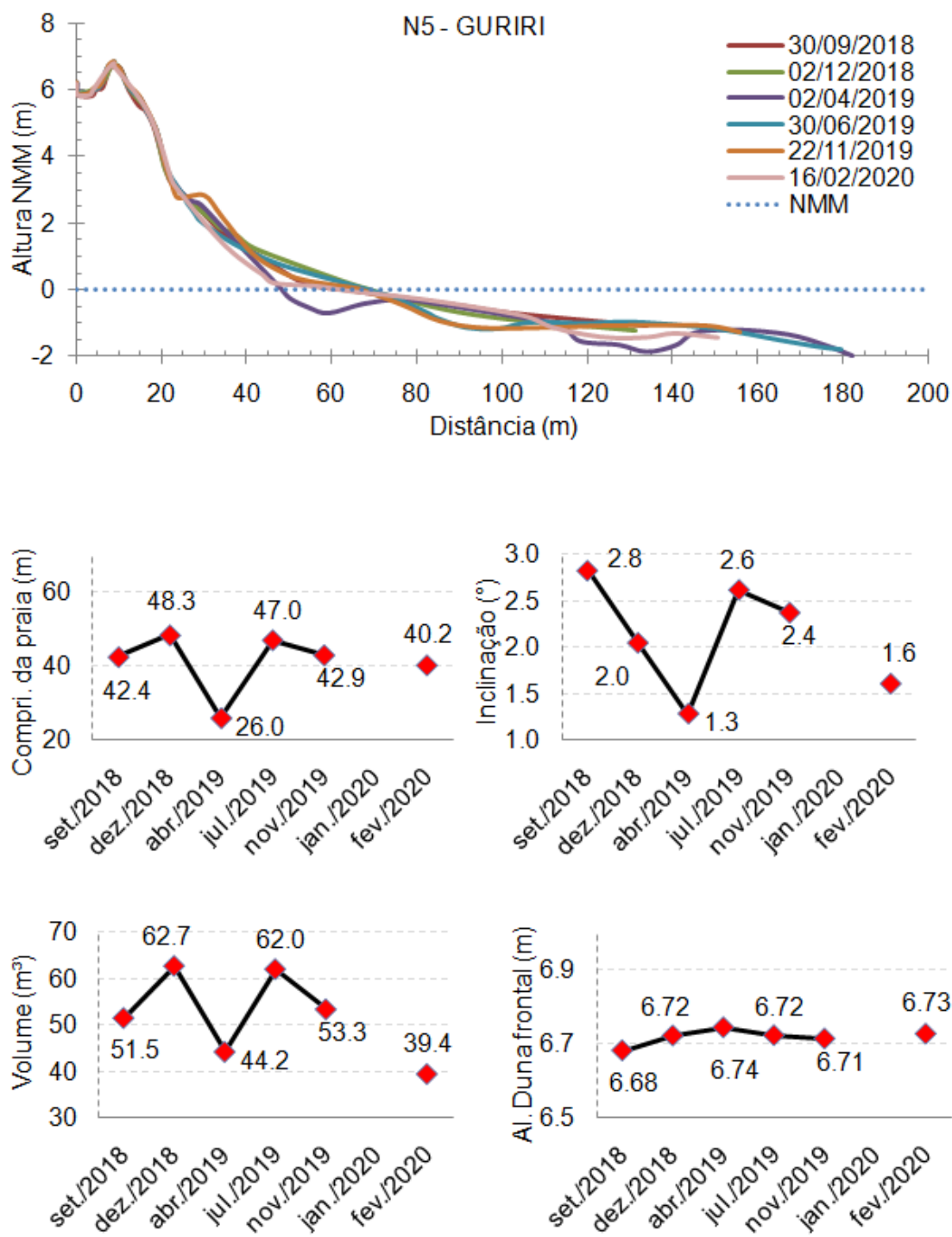


Figura 37: Perfil batimétrico da estação amostral N5 (Guriri). O perfil se eleva numa declividade média de 0,20 (°), até a profundidade de fechamento em torno de 11m, onde o perfil sobre brusco incremento da declividade.

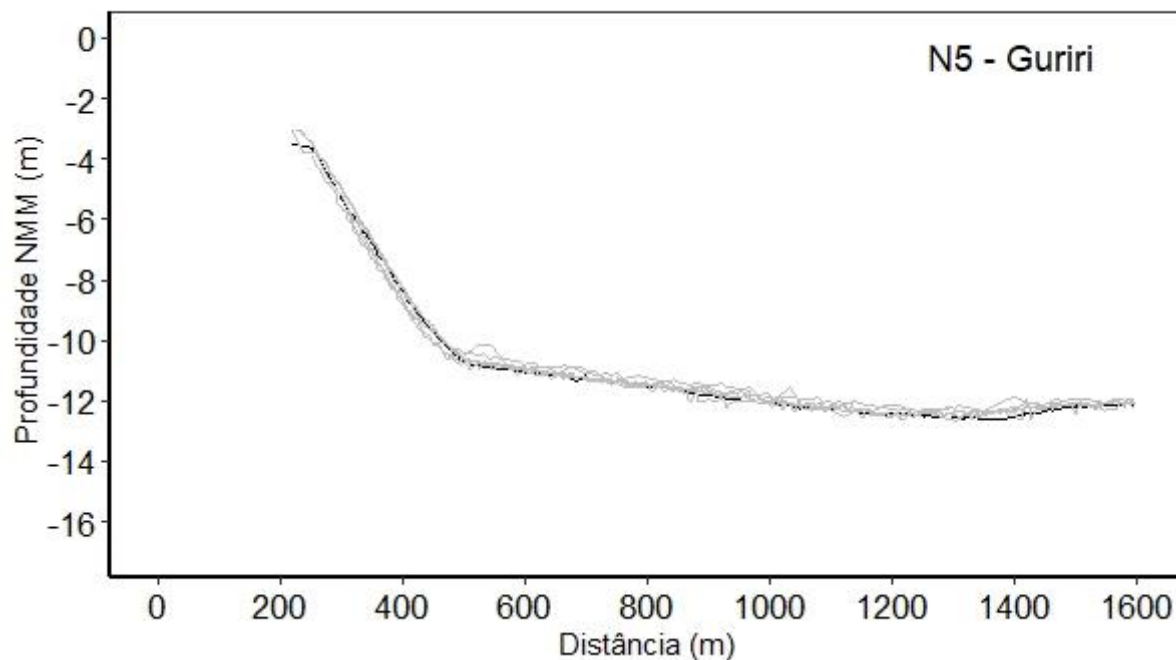


Figura 38: Perfil de praia (acima) e parâmetros morfométricos (abaixo): Comprimento da praia (m), Inclinação da face (°), Volume (m³) de sedimento no perfil da estação amostral N6 (Itaúnas). A praia emersa se apresenta relativamente larga, com a face pouca inclinada e baixa mobilidade das feições nas duas campanhas monitoradas. A elevação da topografia em retropraia está associada a baixa declividade e a presença de areia fina, que favorecem o transporte eólico.

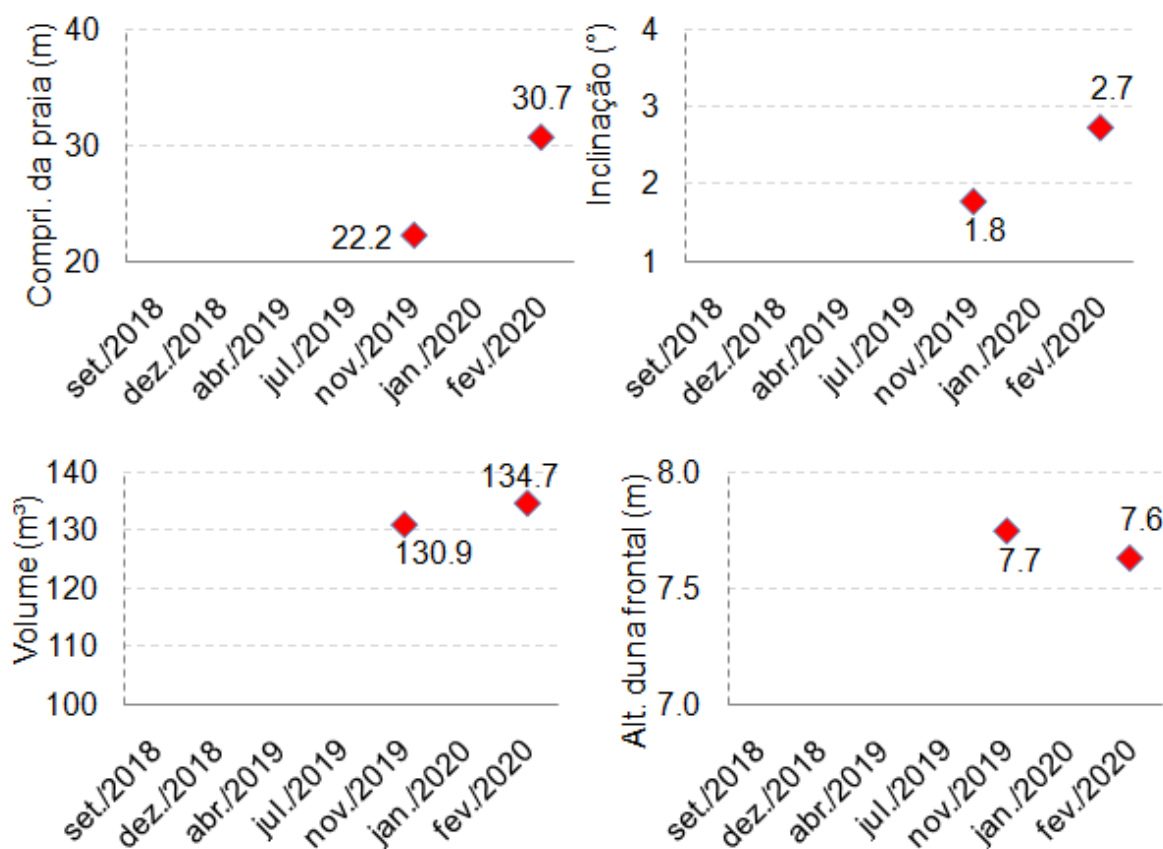
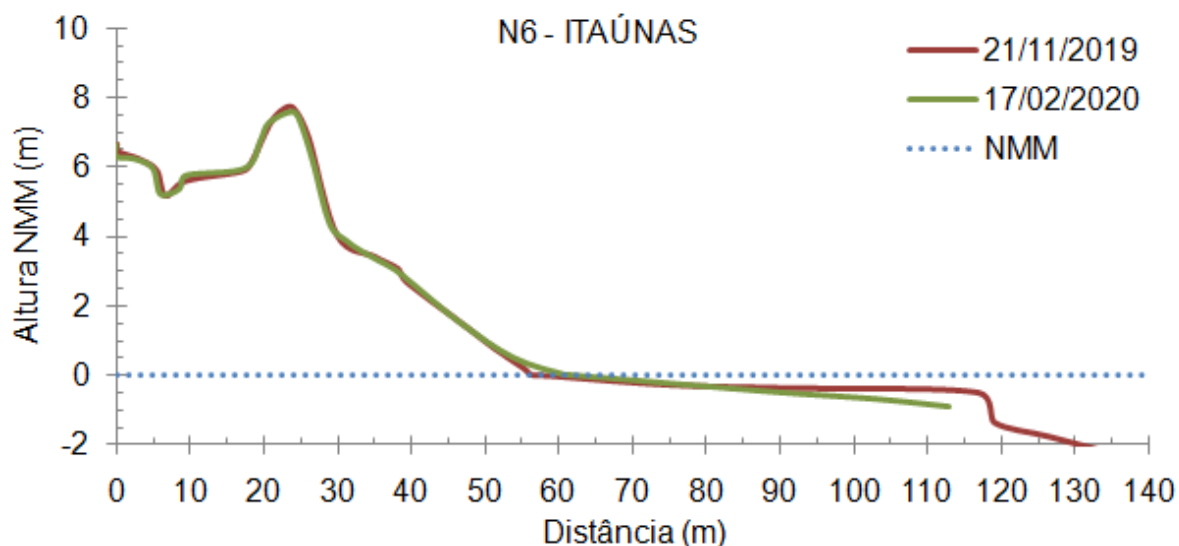
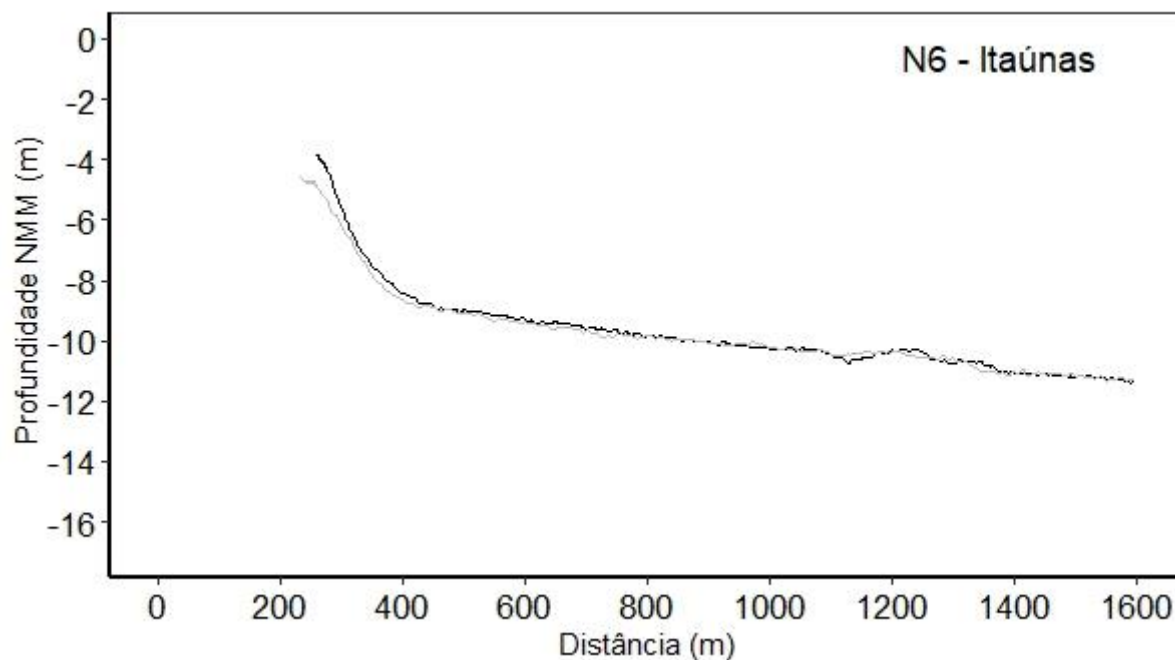


Figura 39: Perfil batimétrico da estação amostral N6 (Itaúnas). O perfil se eleva numa declividade média de 0,26 (°), até a profundidade aproximada de 9m, onde o perfil sofre incremento na declividade, sugerindo essa ser a profundidade de fechamento.



1.2.2 Comparativo dos parâmetros morfodinâmicos entre as estações amostrais

Figura 40: Box plot do Comprimento das praias (m) das estações monitoradas separados por compartimento. Praias mais estreitas e com menores variações de comprimento ao longo do monitoramento estão associadas ao compartimento A. Nas estações B e C apresentam comprimentos maiores das praias e variações mais significativas ao longo do monitoramento.

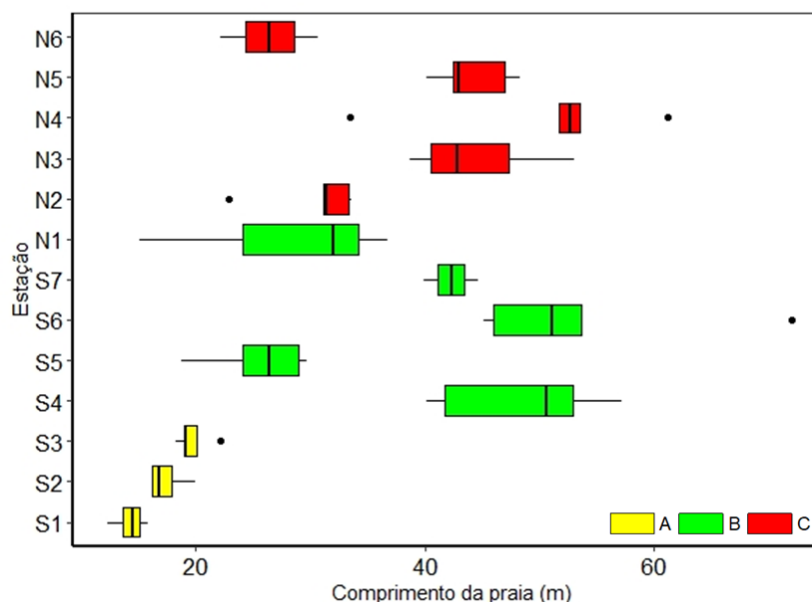


Figura 41: Box plot da declividade da face (°) das estações monitoradas separados por compartimento. As praias mais inclinadas estão no compartimento B, dada a exposição do setor às ondas e associado à presença de sedimentos areias grossas a médias. O compartimento A também apresenta declividade relativa elevada, associado ao pouco desenvolvimento das praias de terraço, com relevo suave na antepraia e elevação do perfil na face praial. No compartimento C a declividade é baixa, associado a presença de área média a fina nesse compartimento.

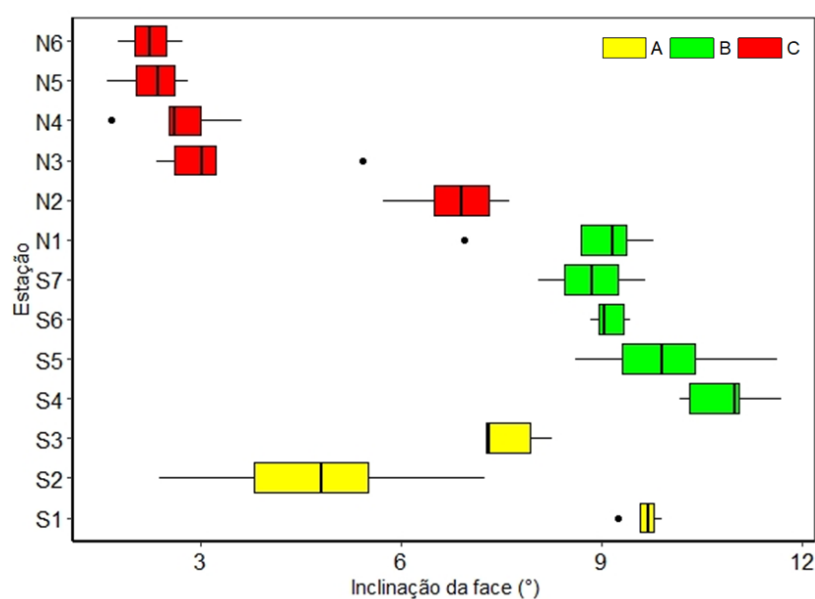


Figura 42: Box plot do Volume de sedimento (m^3) das estações monitoradas separados por compartimento. As praias pouco desenvolvidas do compartimento A apresenta pouco volume de sedimento associado e pequena variação sazonal. As praias dos compartimentos B e C apresentam com maior volume sedimentar, com destaque para as estações S4 e S6, com os maiores volumes e maior variação sazonal, associado à alta mobilidade dos perfis.

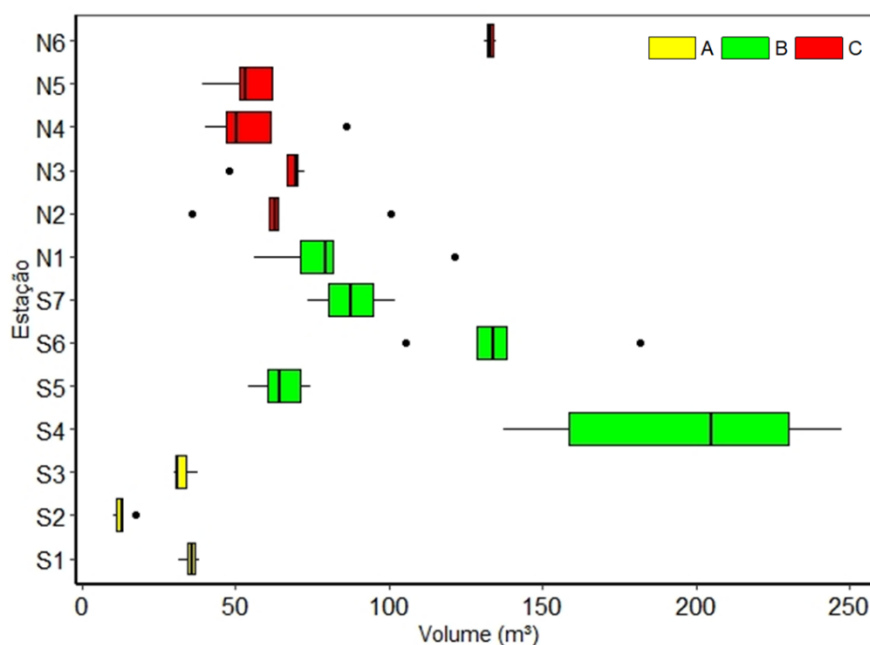


Figura 43: Box plot da Altura da duna frontal (m) das estações monitoradas separados por compartimento. As praias do compartimento A apresentam cordões arenoso frontais pouco desenvolvidos e com pouca variação ao longo do monitoramento. Nas praias associadas do compartimento C são as com maiores alturas, dado o transporte eólico, facilitado pela baixa declividade e a presença de sedimentos finos. Nas estações N1 e N2 é possível observar a variação sazonal da altura do cordão frontal associado aos eventos erosivos que desestabilizaram a feição e promoveram a erosão.

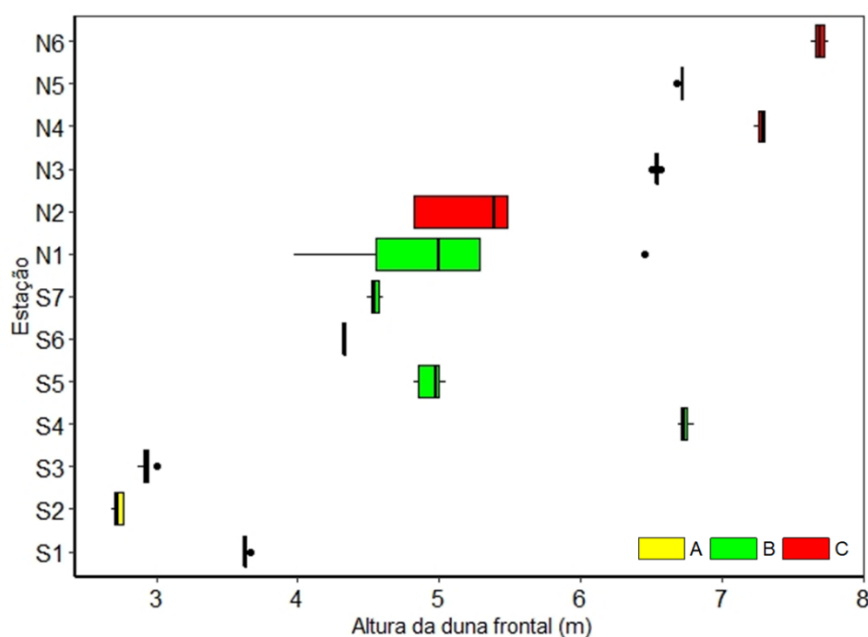


Tabela 3: Evolução de Ω e do estado morfodinâmico das estações amostrais do Compartimento A. Características Refletiva para a praia S1, associado ao grãos mais grossos e perfil inclinado, em S2, estado morfodinâmico de dissipativo a intermediário e S3 variando entre os estágios intermediários.

Estação Amostral	Campo	Ω	Estado Morfodinâmico
S1	dez/18	0.43	R
	jul/19	0.1	R
	dez/19	0.43	R
	fev/20	0.36	R
S2	set/18	6.93	D
	dez/18	9.11	D
	jul/19	4	BPC/BCL
	dez/19	3.44	BT/BPC
	fev/20	4.31	BCL
S3	set/18	4.15	BPC/BCL
	dez/18	4.52	BCL
	jul/19	4.94	BCL
	dez/19	1.66	TBM
	fev/20	2.08	TBM

R (Refletivo), TBM (Terraço de Baixa-Mar), BT (Bancos Transversais), BPC (Banco de praia de cuspide), BCL (Banco de calha longitudinal).

Tabela 4: Evolução de Ω e do estado morfodinâmico das estações amostrais do Compartimento B. Todas as praias ao longo do monitoramento apresentaram-se como Refletivas, associado à presença de grãos grossos e alta declividade.

Estação amostral	Campo	Ω	Estado Morfodinâmico
S4	set/18	0.07	R
	dez/18	0.1	R
	jul/19	0.09	R
	dez/19	0.13	R
	fev/20	0.08	R
S5	set/18	0.17	R
	dez/18	1.19	R
	jul/19	0.13	R
	dez/19	0.14	R
	fev/20	0.07	R
S6	set/18	0.6	R
	dez/18	0.14	R
	jul/19	0.12	R
	dez/19	0.22	R
	fev/20	0.2	R
S7	dez/19	0.18	R
	fev/20	0.17	R

Estação amostral	Campo	Ômega	Estado Morfodinâmico
N1	set/18	0.22	R
	dez/18	0.1	R
	jul/19	0.27	R
	dez/19	0.09	R
	fev/20	0.09	R

R (Refletivo), TBM (Terraço de Baixa-Mar), BT (Bancos Transversais), BPC (Banco de praia de cúspide), BCL (Banco de calha longitudinal).

Tabela 5: Evolução de Ômega e estado morfodinâmico das estações amostrais do Compartimento C. Na estação N2 o estado morfodinâmico variou entre Terraço de Baixa-mar e Refletivo, assumindo ainda características relacionada à proximidade de foz. As demais estações, em sentido norte, variam entre os estados intermediários, sendo que em N5 assume o estado Dissipativo nas duas primeiras campanhas.

Estação amostral	Campo	Ômega	Estado Morfodinâmico
N2	set/18	2.66	TBM
	dez/18	2.55	TBM
	jul/19	1.91	TBM
	dez/19	0.4	R
	fev/20	0.33	R
N3	set/18	5.09	BCL
	dez/18	4.49	BCL
	jul/19	3.29	BT
	dez/19	4.08	BCL
	fev/20	3.99	BPC
N4	set/18	2.9	TBM
	dez/18	4.85	BCL
	jul/19	3.1	BT
	dez/19	3.37	BT/BPC
	fev/20	3.07	BT
N5	set/18	6.61	D
	dez/18	11.93	D
	jul/19	5.19	BCL
	dez/19	4.27	BPC/BCL
	fev/20	2.32	TBM
N6	dez/19	5.04	BCL
	fev/20	3.14	BT

R (Refletivo), TBM (Terraço de Baixa-Mar), BT (Bancos Transversais), BPC (Banco de praia de cúspide), BCL (Banco de calha longitudinal).

1.2.3 Transposição da berma pelo espraçamento da onda

Tabela 6 Altura da berma (m) e alcance vertical máximo (m) do espraçamento ao longo dos pontos amostrais do Compartimento A. As campanhas que foram antecedidas por eventos de transposição da berma pelo espraçamento da onda seguem sinalizadas com X.

Ponto amostral	Campo	Alt. da berma (m)	Alcance vertical (m)	Transposição
S1	dez/18	2.63	3.14	x
	jul/19	1.88	3.15	x
	dez/19	2.48	3.62	x
	fev/20	2.37	3.18	x
S2	set/18	1.4	2.43	x
	dez/18	2.22	2.7	x
	jul/19	2.02	2.5	x
	dez/19	1.75	2.45	x
	fev/20	2.1	2.4	x
S3	set/18	2.2	2.8	x
	dez/18	2.69	2.8	x
	jul/19	2.36	2.98	x
	dez/19	2.37	2.9	x
	fev/20	2.08	2.87	x

X: Eventos de transposição do espraçamento sobre a berma nos dias que antecederam as campanhas.

Tabela 7: Altura da berma (m) e alcance vertical máximo (m) do espraçamento ao longo dos pontos amostrais do Compartimento B. A transposição do espraçamento sobre a berma neste compartimento se restringe a eventos esporádicos de maior energia.

Ponto amostral	Campo	Alt. da berma (m)	Alcance vertical (m)	Transposição
S4	set/18	6.04	3.62	
	dez/18	4.75	3.74	
	jul/19	6.09	3.01	
	dez/19	4.99	4.48	
	fev/20	5.21	2.96	
S5	set/18	3.5	4.6	x
	dez/18	3.98	3.36	
	jul/19	4.26	2.95	
	dez/19	4.29	4.17	
	fev/20	3.61	3.4	
S6	set/18	3.57	2.67	
	dez/18	3.58	3.31	
	jul/19	3.38	3.37	
	dez/19	3.74	3.71	

Ponto amostral	Campo	Alt. da berma (m)	Alcance vertical (m)	Transposição
S7	fev/20	3.07	3.65	x
	dez/19	4.22	4.01	
	fev/20	3.5	3.95	x
N1	set/18	2.28	4.56	x
	dez/18	3.94	3.9	
	jul/19	3.12	4.6	x
	dez/19	3.8	2.35	
	fev/20	3.76	3.75	

X: Eventos de transposição do espraçamento sobre a berma nos dias que antecederam as campanhas.

Tabela 8: Altura da berma (m) e alcance vertical máximo (m) do espraçamento ao longo dos pontos amostrais do Compartimento C. A transposição do espraçamento sobre a berma neste compartimento se restringe a eventos esporádicos de maior energia.

Ponto amostral	Campo	Alt. da berma (m)	Alcance vertical (m)	Transposição
N2	set/18	3.06	4.64	x
	dez/18	4	3.39	
	jul/19	3.5	3.03	
	dez/19	2.72	2.4	
	fev/20	4.28	3.25	
N3	set/18	3.16	3.49	x
	dez/18	3.41	2.67	
	jul/19	2.77	2.79	x
	dez/19	3.49	2.18	
	fev/20	3.38	2.82	
N4	set/18	3.04	3.08	x
	dez/18	3	2.54	
	jul/19	2.63	3.68	x
	dez/19	3.76	2.15	
	fev/20	1.95	3.34	x
N5	set/18	3.01	3.13	x
	dez/18	2.82	2.54	
	jul/19	3.05	2.66	
	dez/19	2.83	2.2	
	fev/20	3	2.62	
N6	dez/19	3.42	2.48	
	fev/20	3.41	2.66	

X: Eventos de transposição do espraçamento sobre a berma nos dias que antecederam as campanhas.

1.3 SEDIMENTOLOGIA DAS PRAIAS

1.3.1 Classificações

Tabela 9: Classificação dos sedimentos quanto ao teor de carbonato de cálcio proposta por Larssonneur (1977).

Teor de carbonato (%)	
Siliciclástica	< 30%
Silicibiolástica	30% a 50%
Biosiliciclástica	50% a 70%
Bioclástica	> 70%

Tabela 10: Escala granulométrica adotada pelo programa GRADISTAT, modificado de Udden (1914) e Wentworth (1922).

Granulometria (phi)	
Cascalho muito fino	-2 a -1
Areia muito grosso	-1 a 0
Areia grossa	0 a 1
Areia média	1 a 2
Areia fina	2 a 3
Areia muito fina	3 a 4
Silte muito grosso	4 a 5
Silte grosso	5 a 6
Silte médio	6 a 7
Silte fino	7 a 8
Silte muito fino	8 a 9
Argila	>9

Tabela 11: Classificação do sedimento quanto ao grau de seleção. Parâmetro calculado com base nas formulações propostas por Folk e Ward (1957).

Desvio Padrão – Grau de seleção (phi)	
Pobre a muito pobre	> 1
Moderado	0,5 a 1
Bom	< 0,5

1.3.2 Composição das areias superficiais das praias

Figura 44: Principais componentes bioclásticos identificados nas areias superficiais das praias dos Compartimentos A, B e C, que apresentaram teores de carbonato superiores a 30%. Nas praias do Compartimento A, os terraços de abrasão favorecem a fixação de organismos carbonáticos que, quando fragmentados, constituem o principal componente das areias das praias. Nas praias dos Compartimentos B e C, elevados teores de carbonato foram observados apenas nos sedimentos superficiais da antepraia, indicando possível contribuição marinha da plataforma continental. Os principais componentes carbonáticos incluem algas articuladas, algas incrustantes e moluscos, que representam cerca de 90% dos grãos bioclásticos identificados. Outros, representam os componentes que individualmente apresentaram percentuais inferiores a 1%: algas Halimeda, ostracoides, tubos de verme e crustáceos.

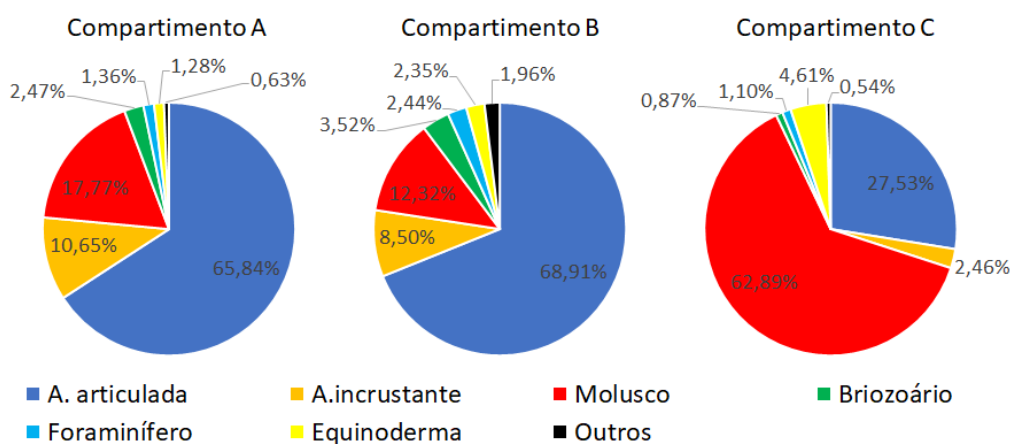


Figura 45: Principais minerais pesados identificados nas areias superficiais das praias dos Compartimentos A, B e C. Os principais minerais pesados identificados incluem os minerais opacos, anfibólitos, silimanitas e cianitas. Turmalinas, estauroilitas, granadas, zircões, epidotos, rutilos e monazitas apresentaram percentuais inferiores a 5%. A predominância de anfibólitos, minerais pesados menos densos e mineralogicamente instáveis, no Compartimento C, corrobora o transporte preferencial de sedimentos pela deriva litorânea em direção ao norte, ao mesmo tempo que reflete aporte recente do Rio Doce nas praias deste compartimento.

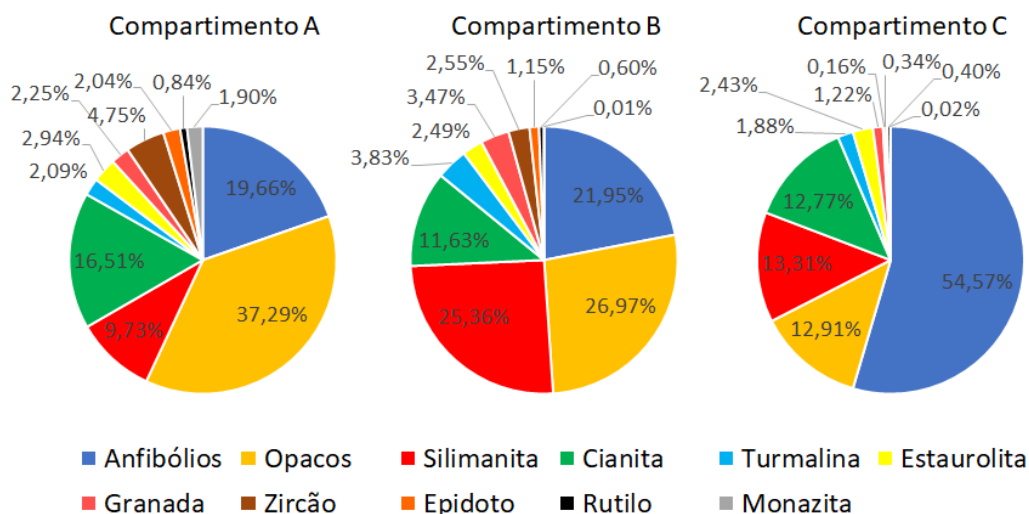


Figura 46: Principais componentes bioclásticos observados nas praias em estudo. A) Algas articuladas; B) Algas incrustantes; C) e D) Moluscos; E) Briozoários; F) Foraminíferos; G) Equinodermas; H) Tubos de verme; I) Crustáceos.

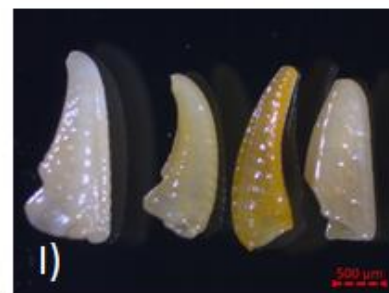
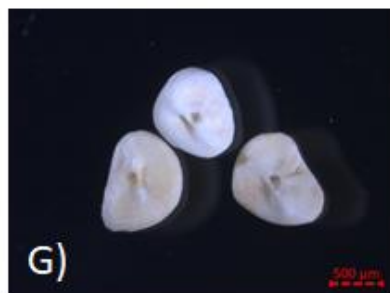
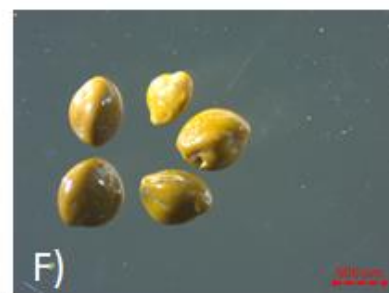
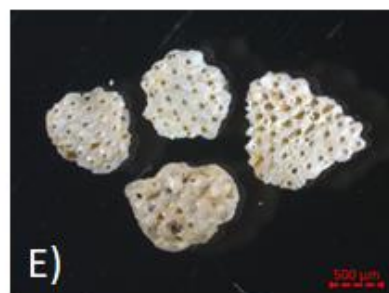
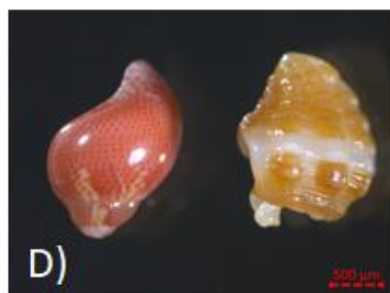
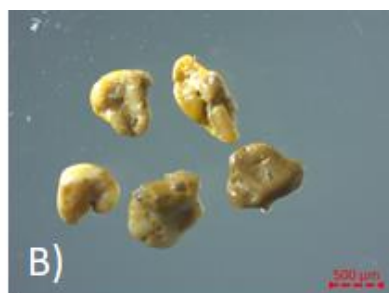


Figura 47: Principais minerais pesados identificados nas praias em estudo. A) Minerais opacos; B) Anfibólios; C) Silimanitas; D) Cianitas; E) Turmalinas; F) Granadas; G) Epidotos; H) Estaurolitais; I) Monazitas; J) Rutilos e L) Zircões.

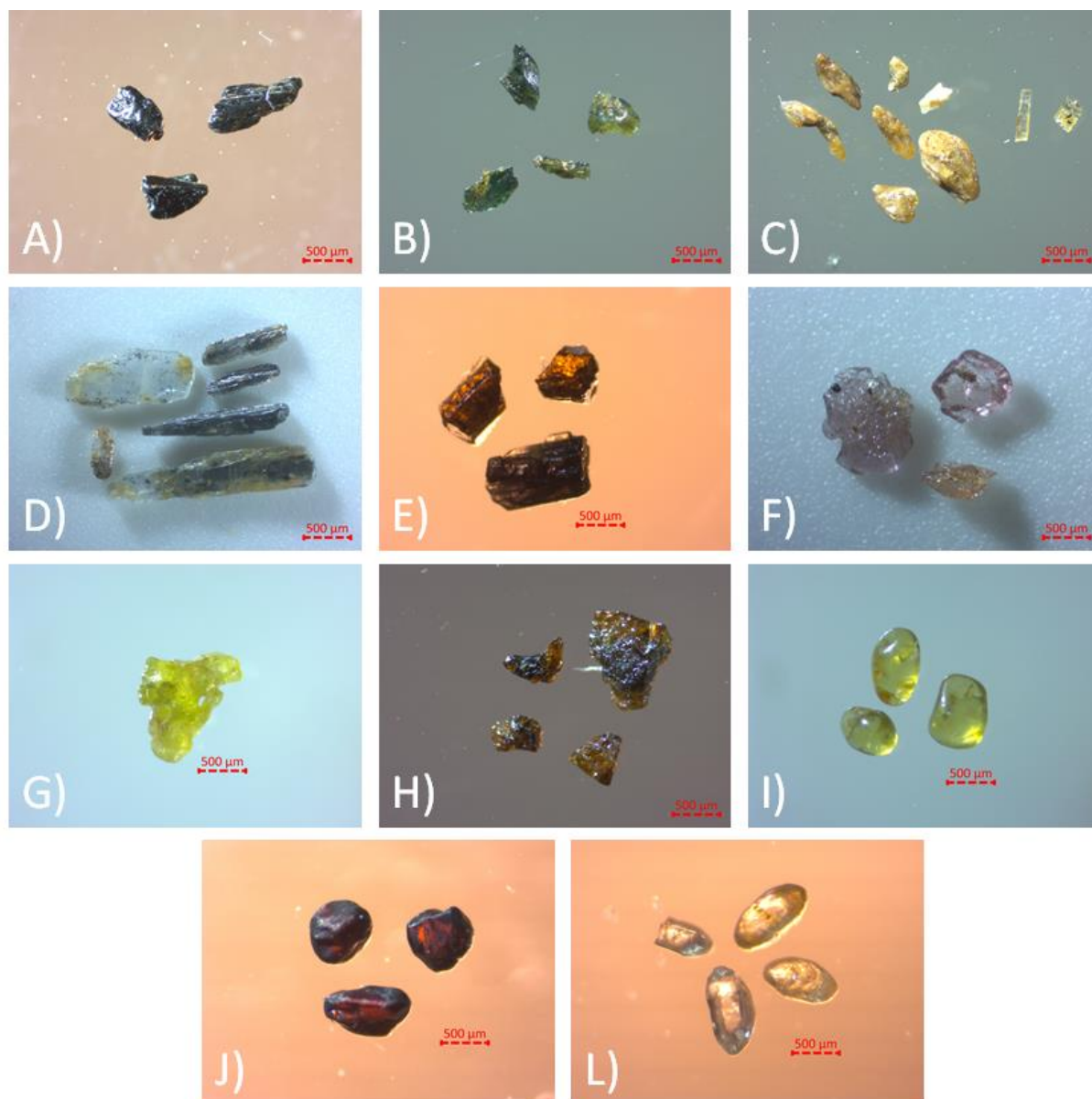
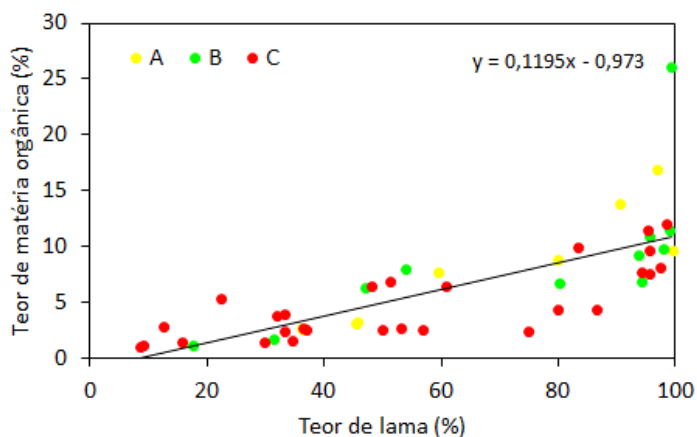


Figura 48: Relação entre o teor de matéria orgânica total e o teor de lama observado na antepaia das praias dos Compartimentos A, B e C.



1.3.3 Grau de arredondamento dos grãos de quartzo das areias superficiais das praias

Figura 49: Classificação proposta por Pettijohn (1957) quanto ao grau de arredondamento dos grãos de quartzo.

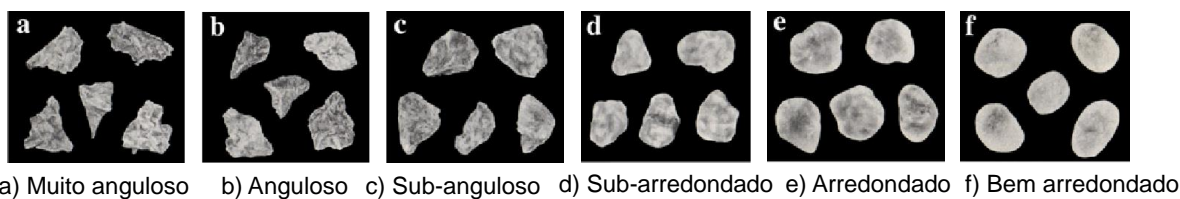
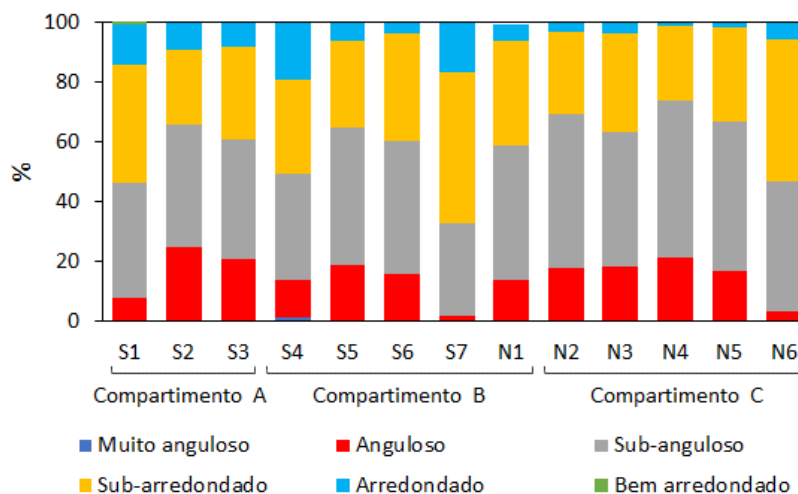


Figura 50: Grau de arredondamento dos grãos de quartzo das areias superficiais das praias dos Compartimentos A, B e C. Ao longo da área de estudo, os grãos de quartzo apresentaram grau de arredondamento anguloso ou sub-anguloso e, em menor frequência, arredondado ou sub-arredondado.



1.3.4 Composição e granulometria das areias subsuperficiais da berma

Figura 51: Caracterização composicional e granulométrica das areias subsuperficiais da berma das praias dos Compartimentos A, B e C. De maneira geral, as areias subsuperficiais da berma se assemelharam as areias superficiais, em termos composicionais e granulométricos. Desta forma, sua caracterização foi realizada apenas durante o primeiro ano do monitoramento. As praias do Compartimento A são caracterizadas por areias biosiliciclásticas, grossas a finas, com moderado a bom grau de seleção. As praias dos Compartimentos B são caracterizadas por areias siliciclásticas, muito grossas a finas, com moderado a bom grau de seleção. As praias do Compartimento C são caracterizadas por areias siliciclásticas, grossas a finas, com moderado a bom grau de seleção. Este compartimento caracteriza-se ainda por apresentar os maiores teores de minerais pesados. Nos três compartimentos, os teores de lama não ultrapassaram 1%.

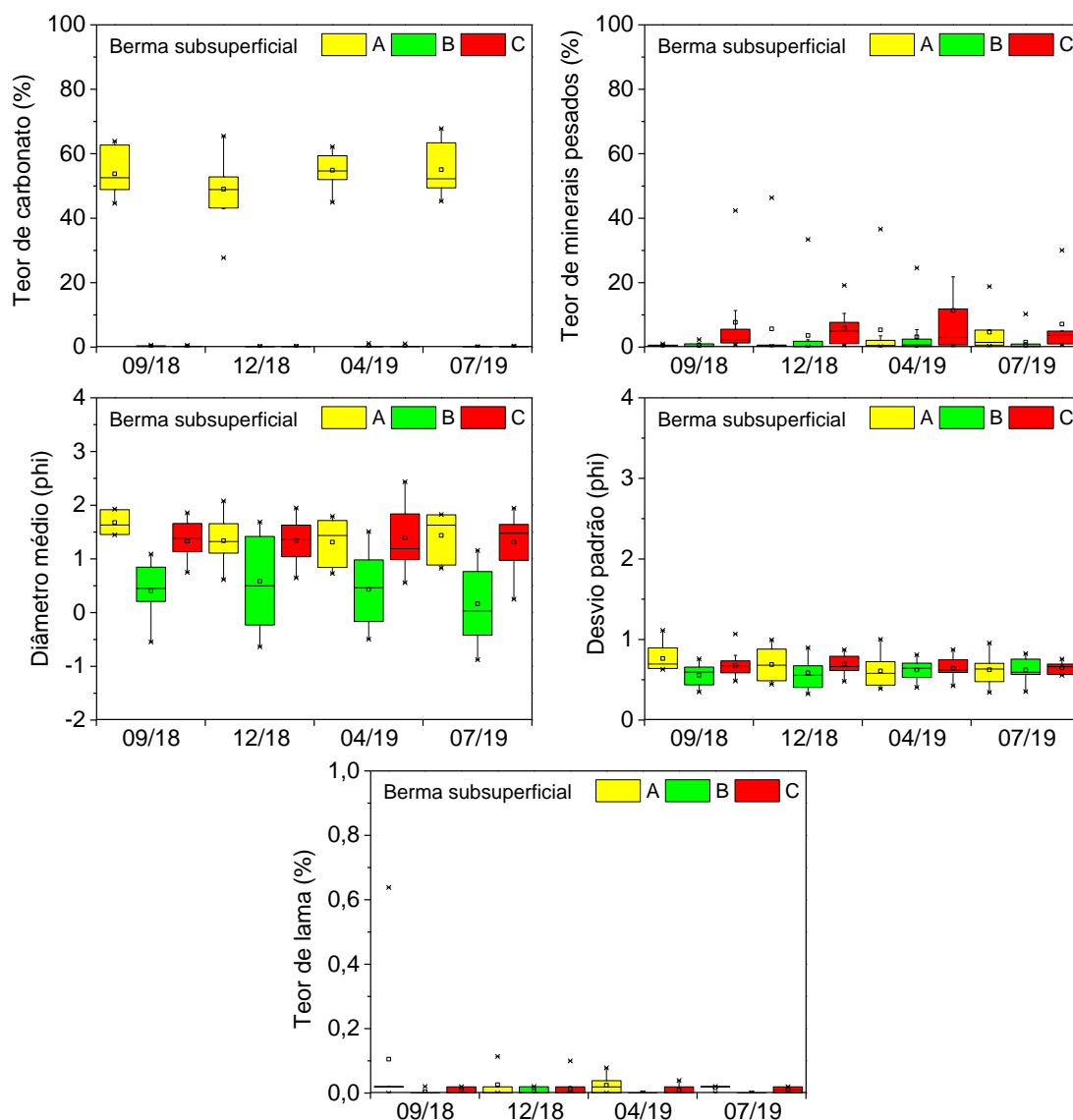
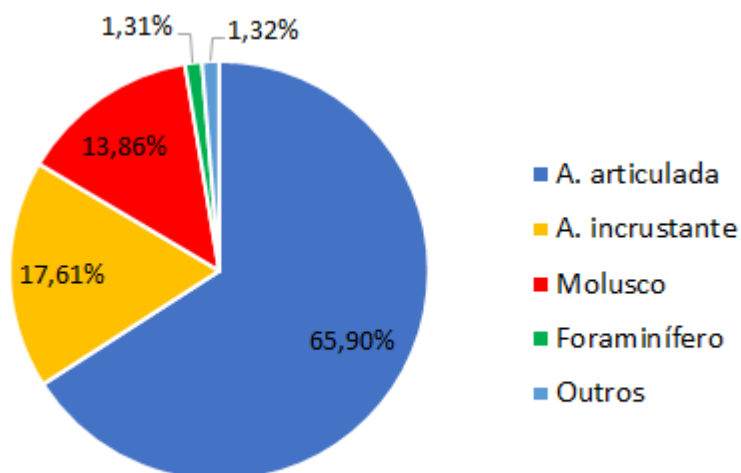


Figura 52: Principais componentes bioclastos identificados nas areias subsuperficiais da berma das praias do Compartimento A, que apresentaram teores de carbonato superiores a 30%. Outros, representam os componentes que individualmente apresentaram percentuais inferiores a 1%: briozoários, equinodermas, algas Halimeda, ostracoides, tubos de verme e crustáceos.



1.3.5 Composição e granulometria dos testemunhos coletados na antepiraia

Figura 53: Descrição visual e caracterização granulométrica e composicional do testemunho coletado ao sul da desembocadura do Rio Doce a 11 m de profundidade no alinhamento da estação amostral S6 REBIO Comboios. As areias apresentaram composição siliciclástica e teores de minerais pesados variando entre 3,93% e 11,08%, com os maiores valores observados em superfície (0 a 4 cm). Os principais minerais pesados identificados foram os anfíbólios e os minerais opacos, seguidos pelas silimanitas, turmalinas e cianitas. Com relação à granulometria, as areias foram classificadas como areias finas (2,420 a 2,701 phi), com teor de lama inferior a 1,5%.

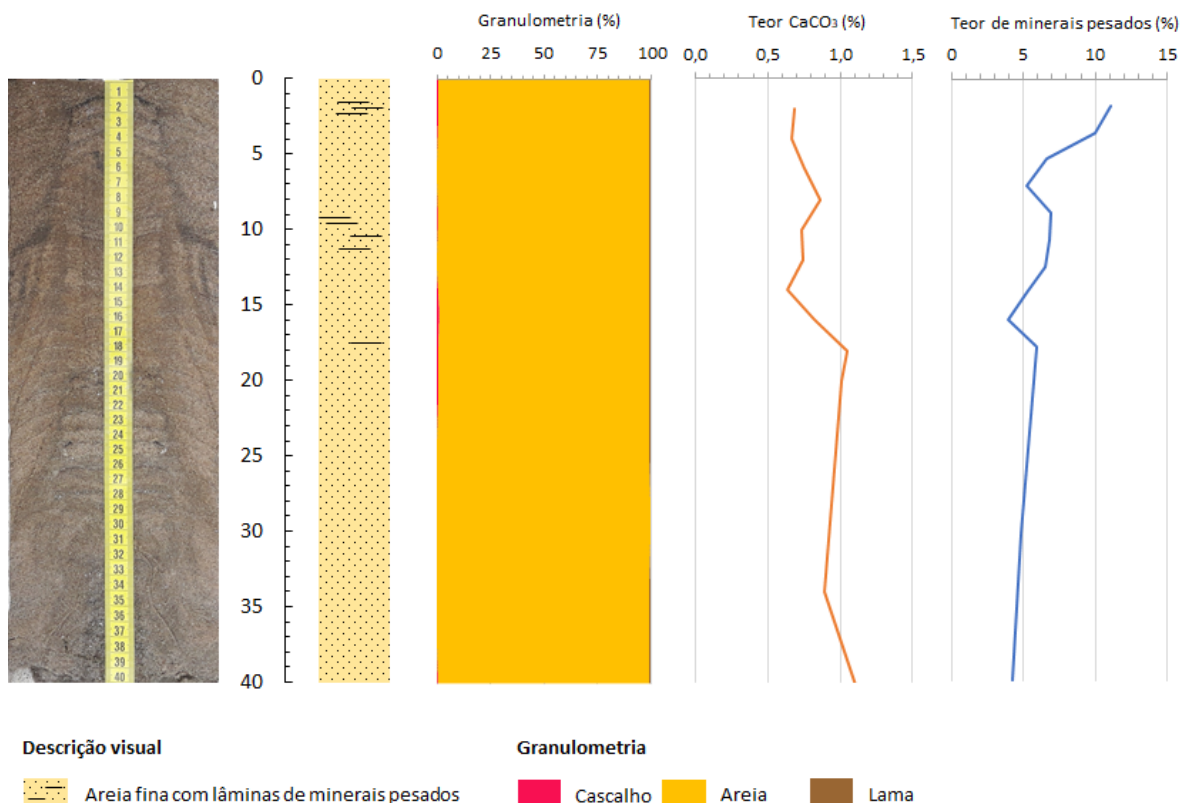
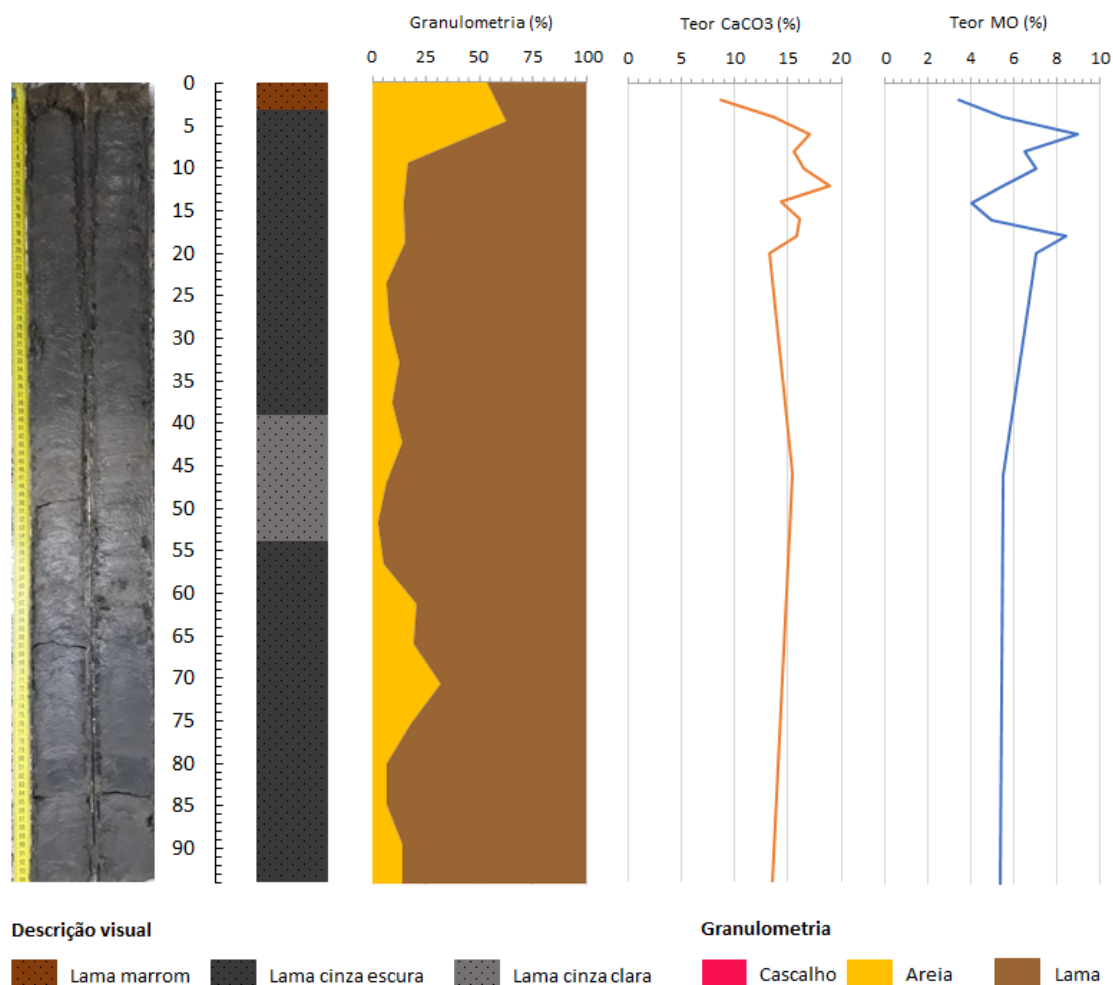


Figura 54: Descrição visual e caracterização granulométrica e composicional do testemunho coletado ao norte da desembocadura do Rio Doce a 12 m de profundidade no alinhamento da estação amostral N1 Povoação. O testemunho obteve 94 cm de recuperação e a descrição visual mostrou a presença de lama marrom com grãos de mica entre 0 e 3 cm, lama cinza escura de 3 a 39 cm, seguida por uma lama cinza clara com grãos de mica entre 39 e 54 cm e lama cinza escura de 54 a 94 cm. Os sedimentos apresentaram composição essencialmente siliciclástica, contudo teores de carbonato de 8,72% a 18,86% foram observados ao longo do testemunho, com os maiores valores no topo entre 6 e 18 cm. Com relação à granulometria, os sedimentos foram classificados como silte médio a muito grosso (4,196 a 6,319 phi), com teores de lama variando entre 37,66% a 98,16% e matéria orgânica entre 3,40% a 8,96%.



1.4 MODELOS LINEARES GENERALIZADOS (GLMS)

1.4.1 Praia emersa

Tabela 12: Resultados estatísticos dos modelos lineares generalizados performados para testar as variações nos parâmetros morfodinâmicos da praia emersa em relação aos compartimentos, subestações e campanhas amostrais.

Variáveis Resposta (Dependentes)	Compartimento			Subestação			Campanha		
	GL	Teste	p	GL	Teste	p	GL	Teste	p
D50	2	F=147,2362	<0,0001*	3	F=16,8866	<0,0001*	4	F=1,5474	0,1909 N.S.
% Lama	2	Chi=25,241	<0,0001*	3	Chi=48,124	<0,0001*	4	Chi=5,765	0,2174 N.S.
% CaCO₃	2	F=4650,57	<0,0001*	3	F=20,1319	<0,0001*	4	F=0,8828	0,4755 N.S.
Grau de seleção	2	F=2,0766	0,1286 N.S.	3	F=13,0247	<0,0001*	4	F=0,6768	0,6090 N.S.
Declividade da face	2	F=55,0100	<0,0001*	-	-	-	4	F=0,3576	0,8373 N.S.

*Diferenças significativas $p < 0,05$

Tabela 13: Resultados estatísticos dos modelos lineares generalizados performados para testar as variações nos parâmetros morfodinâmicos da praia emersa em relação aos compartimentos, subestações e campanhas amostrais, além das interações entre esses fatores.

Variáveis Resposta (Dependentes)	Compartimento X Campanha			Subestação X Campanha		
	GL	Teste	p	GL	Teste	p
D50	8	F=0,7097	0,6827 N.S.	11	F=0,3554	0,9708 N.S.
% Lama	8	Chi=1,947	0,9826 N.S.	11	Chi=1,906	0,9988 N.S.
% CaCO₃	8	F=1,1963	0,30415 N.S.	11	F=2,1647	0,01863*
Grau de seleção	8	F=1,1464	0,3351 N.S.	11	F=0,7156	0,7225 N.S.
Declividade da face	8	F=0,5181	0,8362 N.S.			

*Diferenças significativas $p < 0,05$

1.4.2 Praia submersa

Tabela 14: Resultados estatísticos dos modelos lineares generalizados performados para testar as variações nos parâmetros morfodinâmicos da praia submersa em relação aos compartimentos, subestações e campanhas amostrais.

Variáveis Resposta (Dependentes)	Compartimento			Subestação			Campanha		
	GL	F	p	GL	F	p	GL	F	p
D50	2	5.7912	0,004262* N.S.	1	5.4272	0,02198*	4	0.0914	0,9849 N.S.
% Lama	2	3.9385	0,02281* N.S.	1	19.535	<0,0001*	4	0.0617	0,99286 N.S.
% CaCO₃	2	145.7019	<0,0001*	1	12.438	0,00065*	4	0.7490	0,7490
Grau de seleção	2	4.4479	<0,0143*	1	28.552	<0,0001*	4	0.7088	0,7088

*Diferenças significativas $p < 0,05$

Tabela 15: Resultados estatísticos dos modelos lineares generalizados performados para testar as variações nos parâmetros morfodinâmicos da praia submersa em relação aos compartimentos, subestações e campanhas amostrais, além das interações entre esses fatores.

Variáveis Resposta (Dependentes)	Compartimento X Campanha			Subestação X Campanha		
	GL	F	p	GL	F	p
D50	8	1.2095	0,3021 N.S.	4	0.8464	0,4993 N.S.
% Lama	8	2.137	0,03975*	4	2.1409	0,08188 N.S.
% CaCO₃	8	1.6201	0,1295 N.S.	4	1.16	0,3335 N.S.
Grau de seleção	8	0.8116	0,5941	4	1.0716	0,3751 N.S.

*Diferenças significativas $p < 0,05$

2 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

FOLK, R. L.; WARD, W. C. Brazos River bar: a study in the significance of grain size parameters. **Journal of Sedimentary Research**, v. 27, n. 1, p. 3-26, 1957.

UDDEN, J. A. Mechanical composition of clastic sediments. **Bulletin of the Geological Society of America**, v. 25, p. 655-744, 1914.

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

ANEXO A - DISTRIBUIÇÃO GRANULOMÉTRICA DAS AREIAS SUPERFICIAIS DAS PRAIAS

Figura 55: Distribuição granulométrica das areias superficiais das praias do Compartimento A – (S1) Praia Mole, (S2) Formosa e (S3) Putiri - ao longo do monitoramento. Na estação S1, monitorada a partir da campanha realizada em dezembro de 2018, a coleta de sedimentos na antepraia rasa é impossibilitada em função dos terraços de abrasão. BS: berma superficial; FS: face superior; FI: face inferior; AR: antepraia rasa; I5: isóbata 5 m; I10: isóbata 10 m.

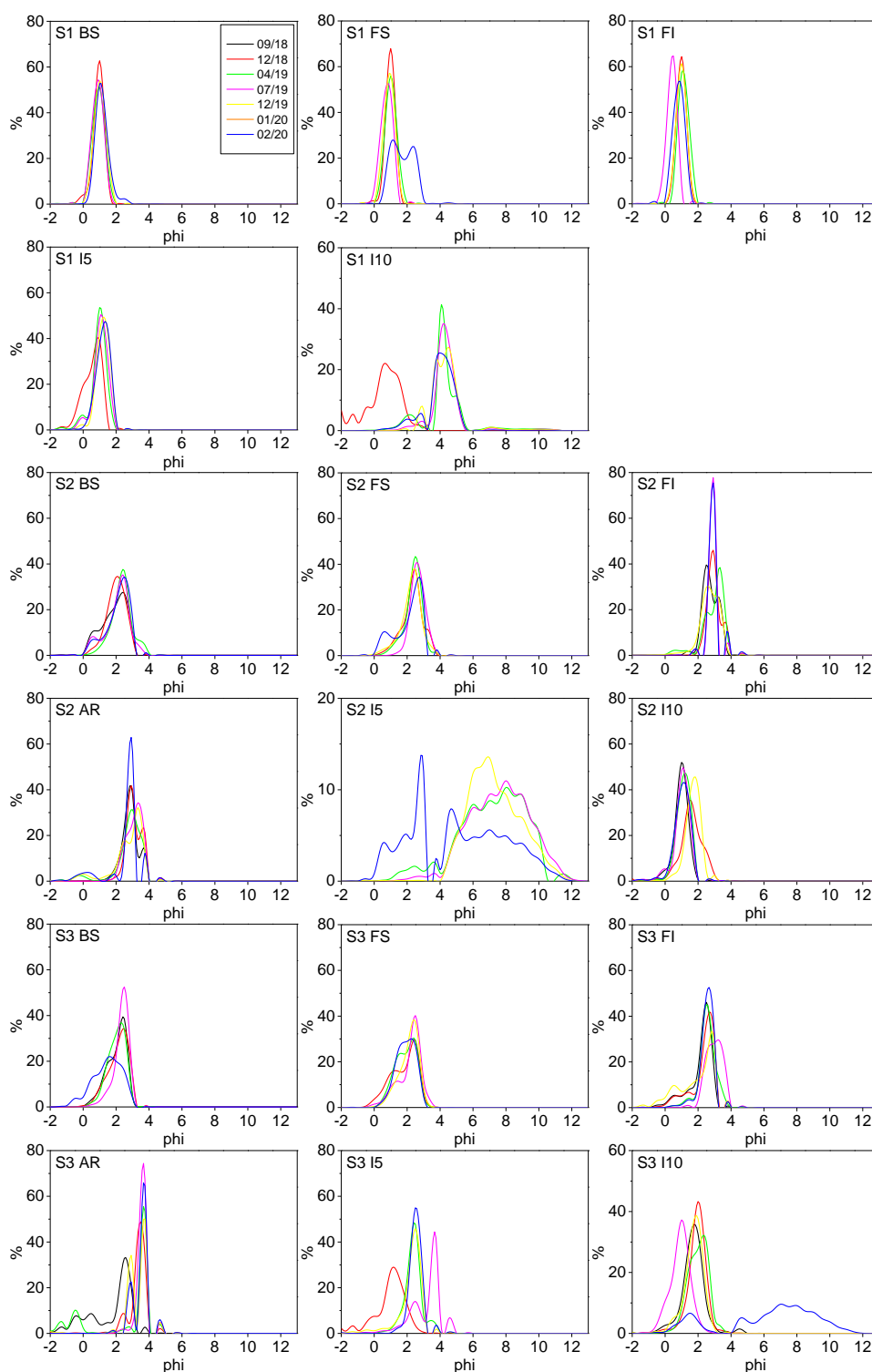
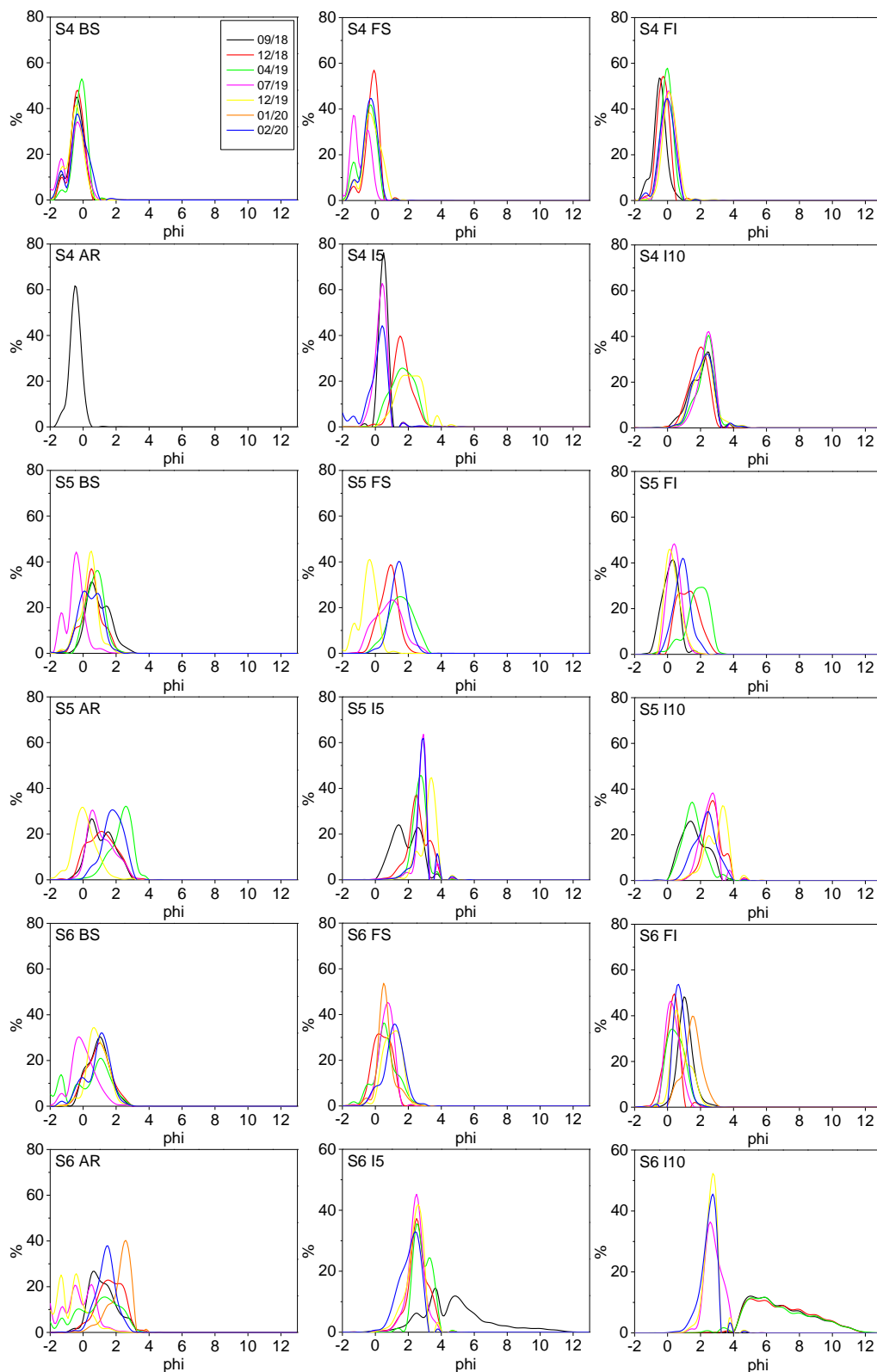


Figura 56: Distribuição granulométrica das areias superficiais das praias do Compartimento B – (S4) Barra do Riacho, (S5) Terra indígena, (S6) REBIO Comboios, (S7) Regência e (N1) Povoação – ao longo do monitoramento. A estação S7 passou a ser monitorada a partir da campanha realizada em dezembro de 2019, o que justifica a ausência de dados para os meses anteriores. BS: berma superficial; FS: face superior; FI: face inferior; AR: antepraia rasa; I5: isóbata 5 m; I10: isóbata 10 m.



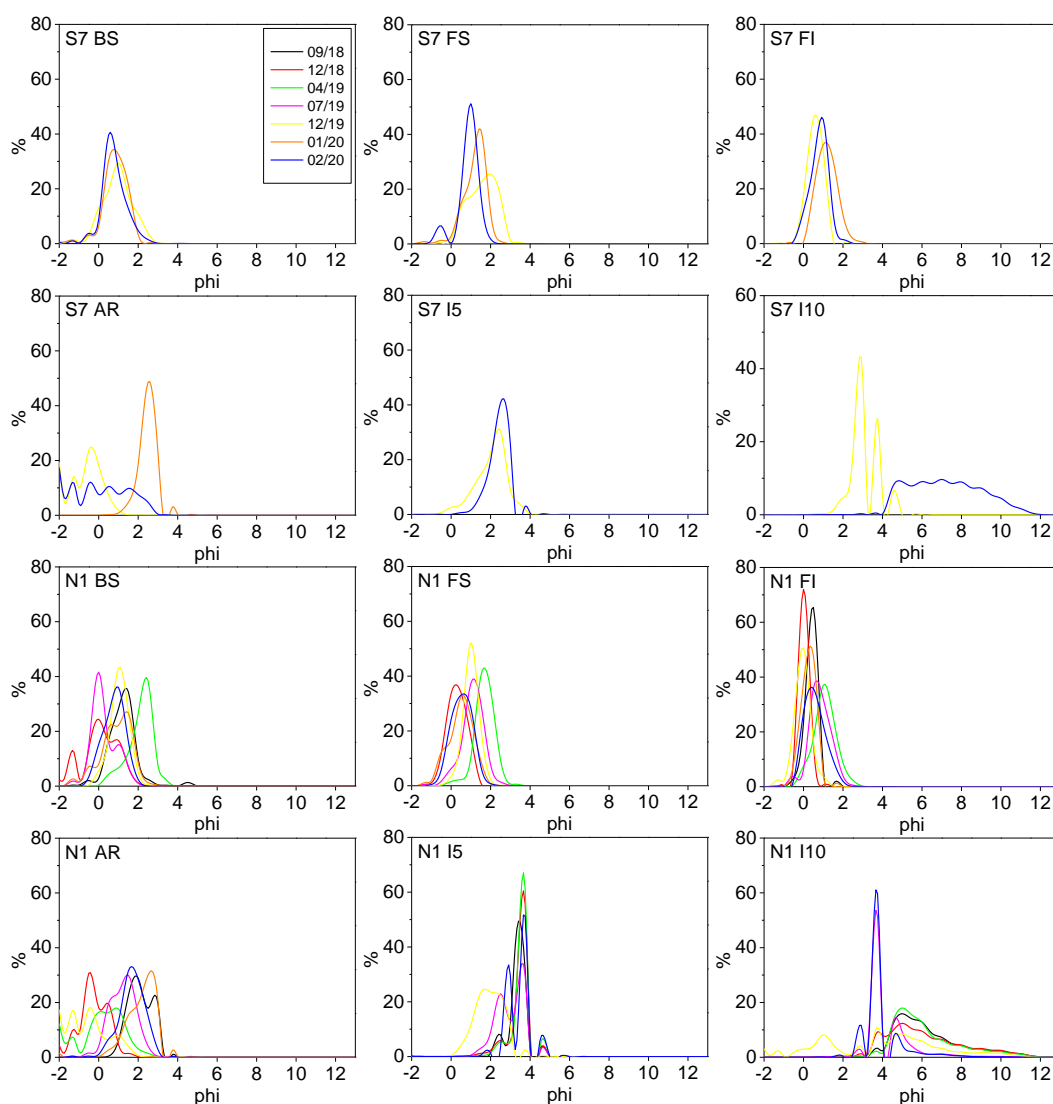
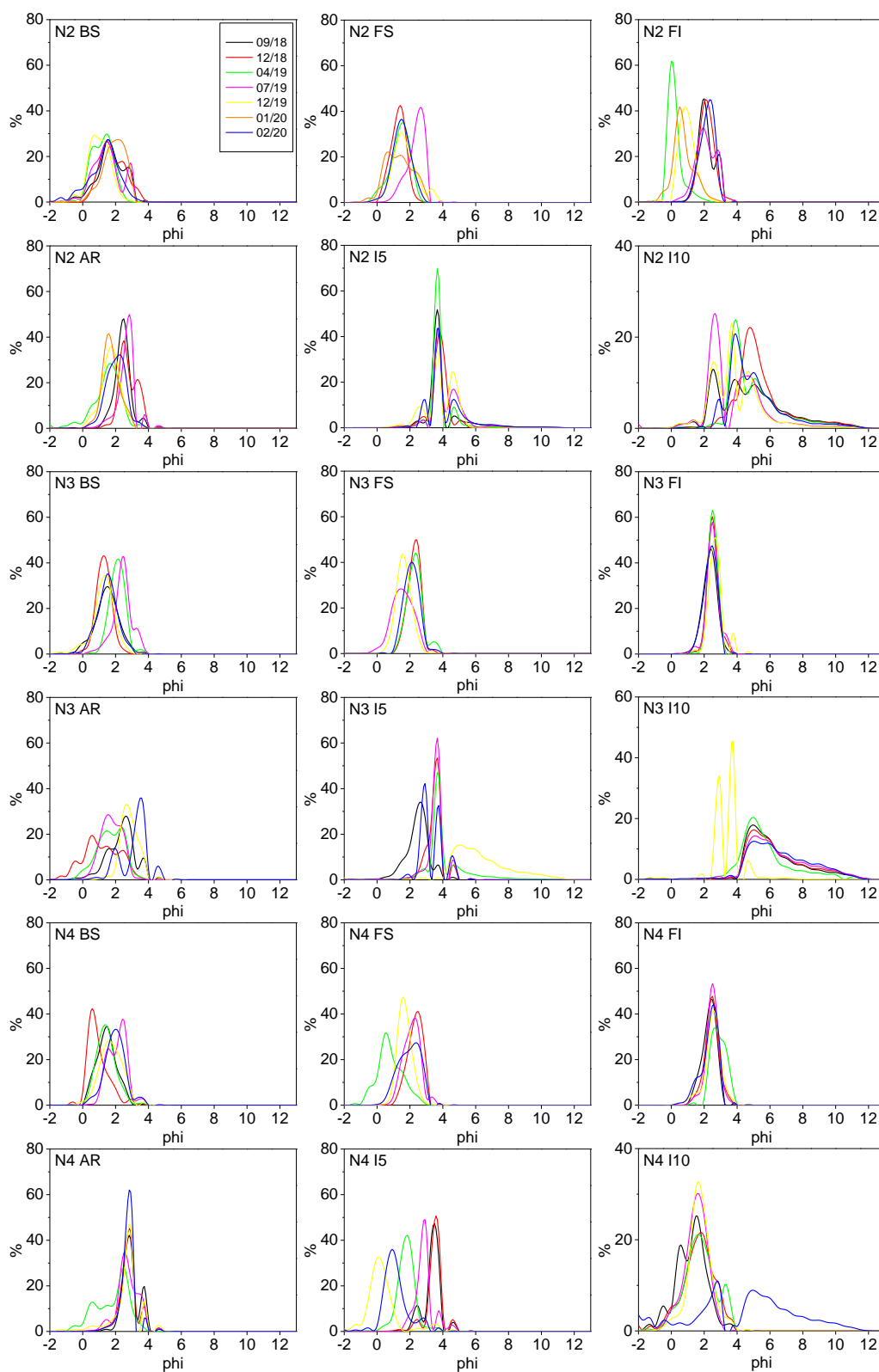
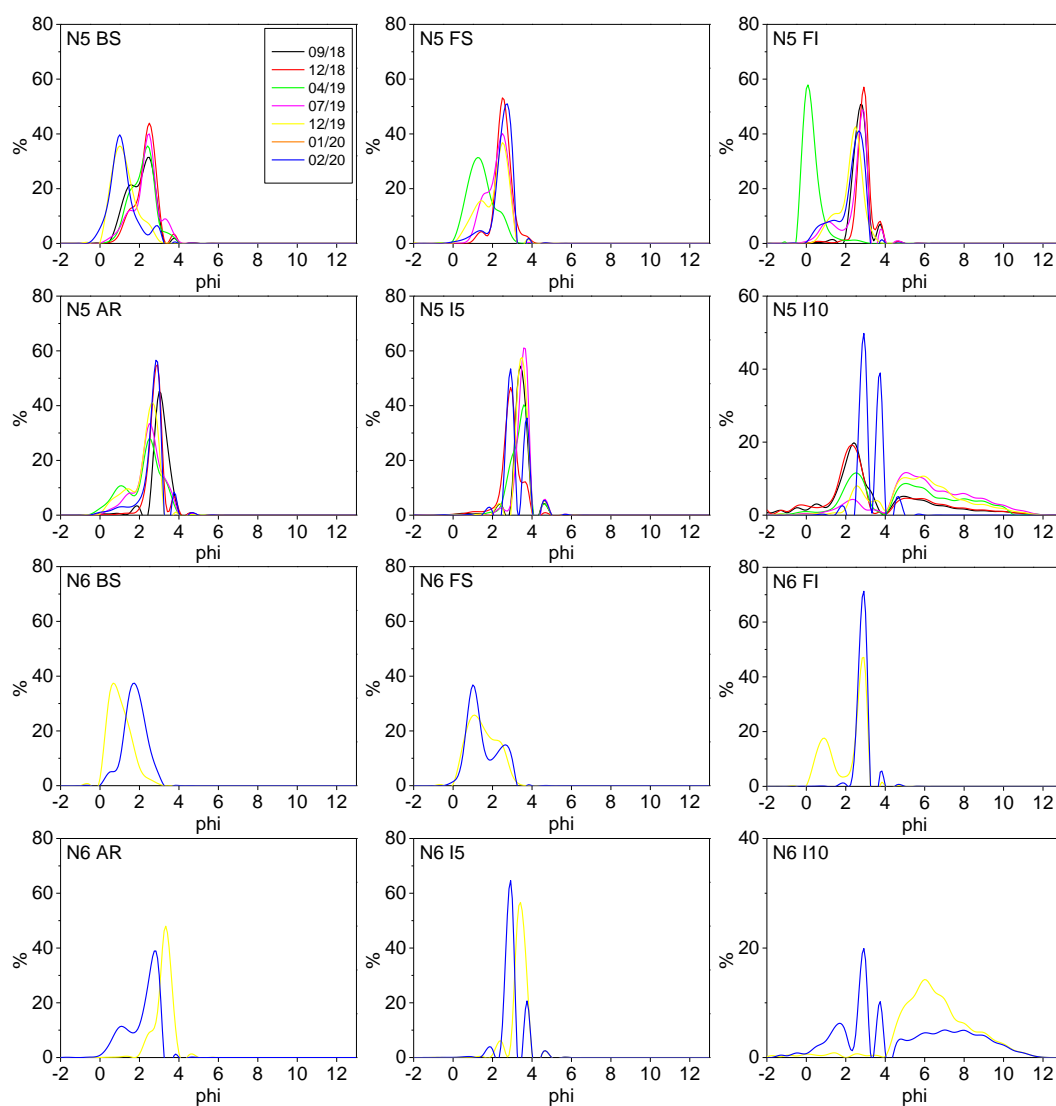


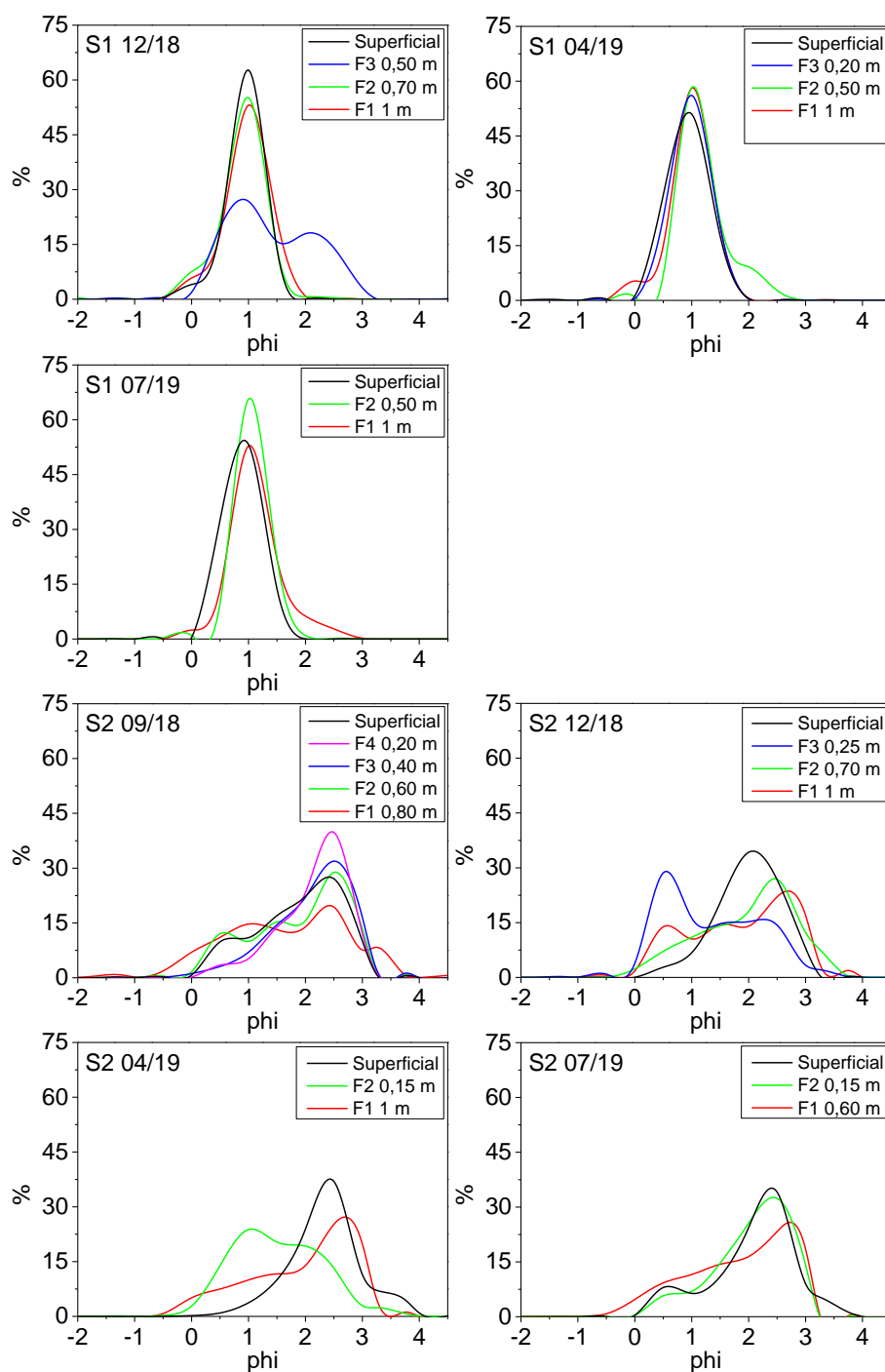
Figura 57: Distribuição granulométrica das areias superficiais das praias do Compartimento C – (N2) Degredo, (N3) Pontal do Ipiranga, (N4) Barra Nova, (N5) Guriri e (N6) Itaúnas – ao longo do monitoramento. A estação N6 passou a ser monitorada a partir da campanha realizada em dezembro de 2019, o que justifica a ausência de dados para os meses anteriores. BS: berma superficial; FS: face superior; FI: face inferior; AR: antepraia rasa; I5: isóbata 5 m; I10: isóbata 10 m.





ANEXO B - DISTRIBUIÇÃO GRANULOMÉTRICA DAS AREIAS SUBSUPERFICIAIS DA BERMA

Figura 58: Distribuição granulométrica das areias superficiais e subsuperficiais da berma das praias do Compartimento A – (S1) Praia Mole, (S2) Formosa e (S3) Putiri. De maneira geral, as areias subsuperficiais da berma se assemelharam as areias superficiais em termos granulométricos. Desta forma, a caracterização das areias subsuperficiais foi realizada apenas durante o primeiro ano do monitoramento. A estação S1 passou a ser monitorada a partir da campanha realizada em dezembro de 2018, o que justifica a ausência de dados para o mês de setembro de 2018.



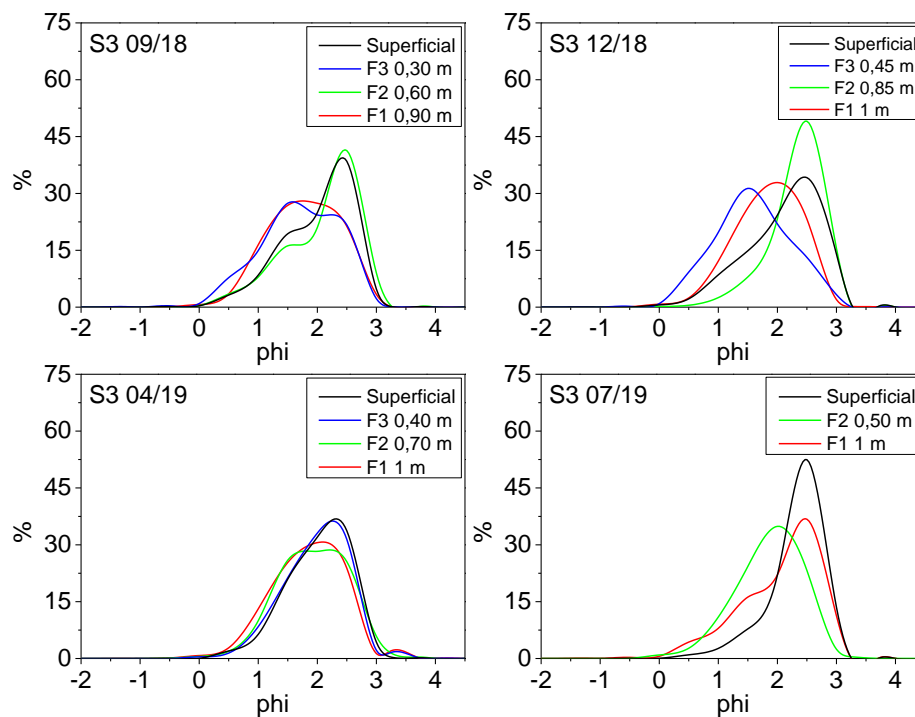
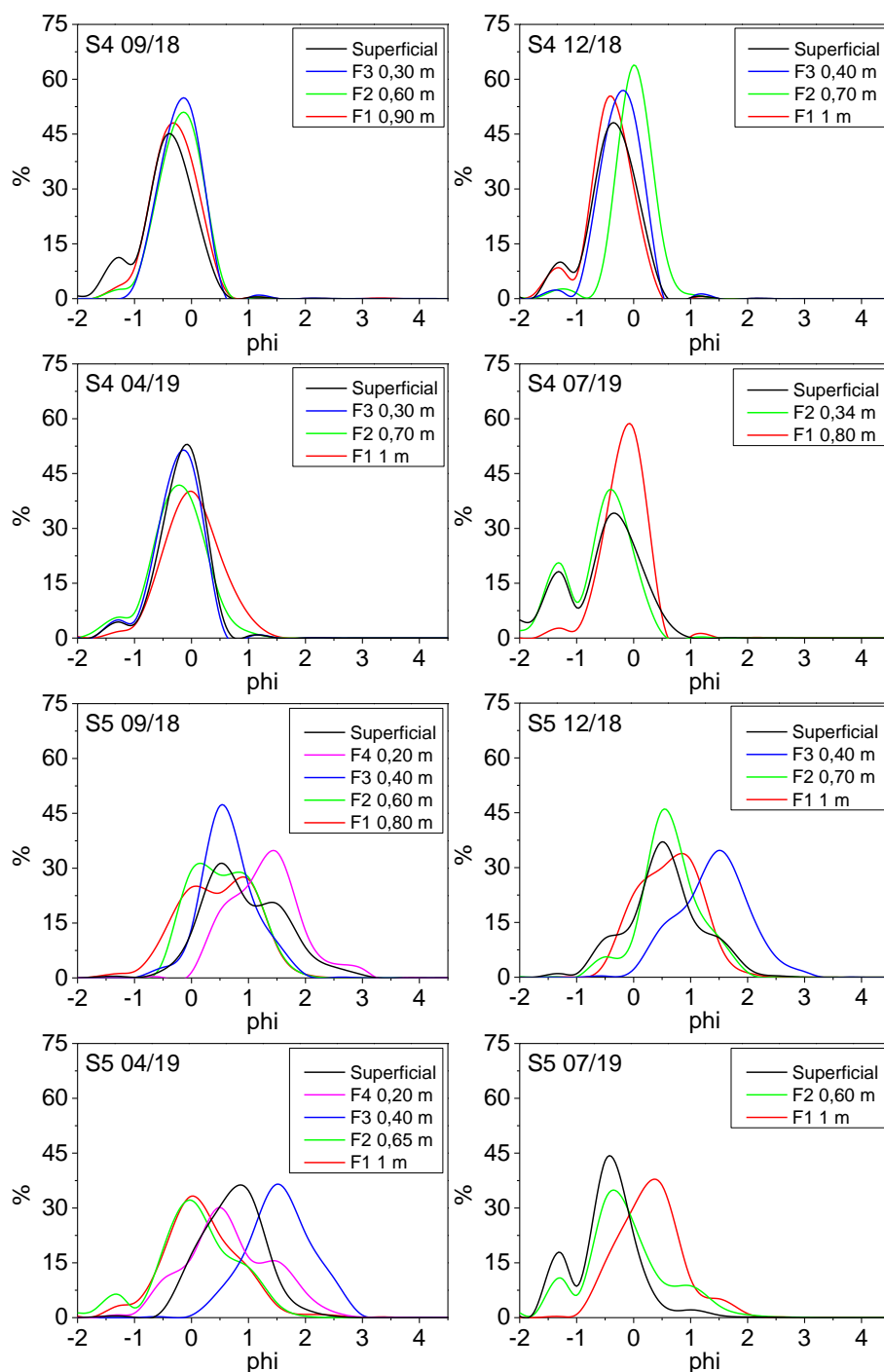


Figura 59: Distribuição granulométrica das areias superficiais e subsuperficiais da berma das praias do Compartimento B – (S4) Barra do Riacho, (S5) Terra indígena, (S6) REBIO Comboios e (N1) Povoação. De maneira geral, as areias subsuperficiais da berma se assemelharam as areias superficiais em termos granulométricos. Desta forma, a caracterização das areias subsuperficiais foi realizada apenas durante o primeiro ano do monitoramento.



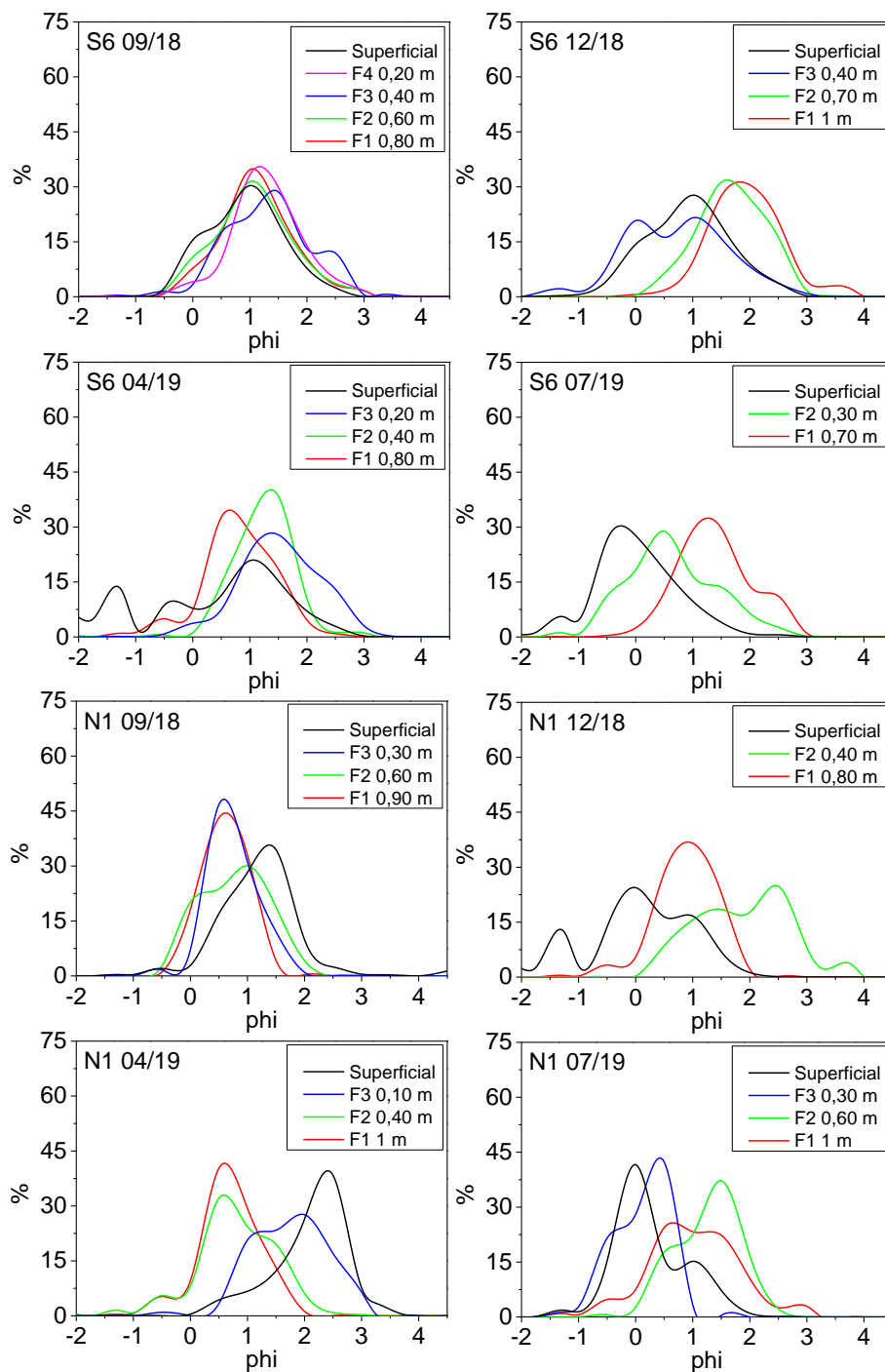


Figura 60: Distribuição granulométrica das areias superficiais e subsuperficiais da berma das praias do Compartimento C – (N2) Degredo, (N3) Pontal do Ipiranga, (N4) Barra Nova e (N5) Guriri. De maneira geral, as areias subsuperficiais da berma se assemelharam as areias superficiais em termos granulométricos. Desta forma, a caracterização das areias subsuperficiais foi realizada apenas durante o primeiro ano do monitoramento.

