

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

RELATÓRIO SEMESTRAL – SEÇÃO 3:

Anexo 5 – Manguezal

RT-09 RRDM/JUN19

Coordenação Geral

Adalto Bianchini

Alex Cardoso Bastos

Edmilson Costa Teixeira

Eustáquio Vinícius de Castro

Jorge Abdala Dergam dos Santos

Vitória,

Junho de 2019



COORDENAÇÕES

COORDENAÇÕES POR ANEXO

Anexo 5

Mônica Tognella (UFES)

SUMÁRIO

1 SUBPROJETO: MAPEAMENTO DOS HABITATS DAS ESPÉCIES <i>UCIDES CORDATUS</i> E <i>CARDISOMA GUANHUMI</i>.	19
1.1 OBJETIVO	19
1.2 INTRODUÇÃO	19
2 SUBPROJETO: DINÂMICA FÍSICA ESTUARINA	31
2.1 OBJETIVO	31
2.2 RESULTADOS E DISCUSSÃO	31
2.2.1 Estuário do rio São Mateus (Cricaré)	31
2.2.2 Estuário do rio Mariricu (Barra Nova)	39
2.2.3 Estuário do rio Piraquê	46
2.3 CONCLUSÃO	53
2.4 REFERÊNCIAS	54
3 SUBPROJETO: IMPACTOS NA FLORA DO RIO DOCE; ESTRUTURA E FUNCIONAMENTO DOS MANGUEZAIS DE SÃO MATEUS, MARIRICU (BARRA NOVA E NATIVO), BARRA SECA (URUSSUQUARA), ARACRUZ (BARRA DO RIACHO, SANTA CRUZ E PIRAQUÊ-AÇÚ, MIRIM) E CARAVELAS. ACOMPANHAMENTO DE DADO PRETÉRITOS.	55
3.1 OBJETIVO	55
3.2 RESULTADOS E DISCUSSÃO	55
3.2.1 Piraquê -Açu	56
3.2.2 Piraquê-Mirim	64
3.2.3 APA Costa das Algas	69
3.2.4 Barra do Riacho	71
3.2.5 Rio Doce	75
3.2.6 Urussuquara	75
3.2.7 Barra Nova	79
3.2.8 São Mateus	82

3.2.9	Caravelas	86
3.3	CONCLUSÃO	93
3.4	REFERÊNCIAS	94
4	SUBPROJETO: DIAGNÓSTICO DOS IMPACTOS SOBRE A FAUNA DO MANGUEZAL, COMPARTIMENTO CARANGUEJOS.	97
4.1	OBJETIVO	97
4.2	RESULTADOS E DISCUSSÃO	97
4.2.1	Densidade populacional de <i>Ucides cordatus</i>	97
4.2.2	Densidade populacional de <i>Cardisoma guanhumi</i>	106
4.2.3	Razão Sexual	109
4.2.4	Fecundidade de <i>Ucides cordatus</i>	110
4.3	INICIAÇÃO CIENTÍFICA GENÉTICA	115
4.3.1	Materiais e métodos	115
4.3.2	Resultados e Discussão	115
4.4	CONCLUSÃO	119
4.5	REFERÊNCIAS	120
5	SUBPROJETO: DIAGNÓSTICO DE CONTAMINAÇÃO DA VEGETAÇÃO DO MANGUEZAL POR METAIS	124
5.1	OBJETIVO	124
5.2	RESULTADOS E DISCUSSÃO	124
5.2.1	Análise química	124
5.2.2	Cultivo <i>ex situ</i>	126
5.3	CONCLUSÃO	128
6	SUBPROJETO: ESTRUTURA E FUNCIONAMENTO DOS MANGUEZAIS DE SÃO MATEUS, MARIRICU (BARRA NOVA E NATIVO), BARRA SECA (URUSSUQUARA), ARACRUZ (BARRA DO RIACHO, SANTA CRUZ E PIRAQUÊ-AÇÚ, MIRIM) E CARAVELAS.	129
6.1	OBJETIVO	129
6.2	RESULTADOS E DISCUSSÃO	129

6.2.1	Salinidade	129
6.2.2	Fluorescência da clorofila a e Trocas gasosas	130
6.2.3	Biometria.....	155
6.3	CONCLUSÃO	160
6.4	REFERÊNCIAS	161
7	SUBPROJETO: DIAGNÓSTICO DE CONTAMINAÇÃO DA VEGETAÇÃO DO MANGUEZAL POR METAIS NAS ÁREAS DE ESTUDO.....	163
7.1	OBJETIVO	163
7.2	RESULTADOS E DISCUSSÃO	163
7.3	CONCLUSÃO	170
7.4	APÊNDICE	171

LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Marcos geodésicos.	20
Figura 2: Implantação dos marcos geodésicos.....	20
Figura 3: Medição dos marcos geodésicos com RTK.....	21
Figura 4: Levantamento de vértices das parcelas (polígonos).	21
Figura 5: Mapa geral elaborado para permitir uma visão mais ampla da área de estudo.....	22
Figura 6: Mapa das áreas amostradas em Aracruz/Coqueiral.	24
Figura 7: Mapa da ilha de Regência e marcos geodésicos.	25
Figura 8: Mapa da Ilha de Regência e amostras dos sedimentos.	26
Figura 9: Mapeamento das áreas amostradas na região de Urussuquara.	27
Figura 10: Mapeamento das áreas amostradas na região de Barra Nova.	28
Figura 11: Mapeamento das áreas amostradas na região de São Mateus.....	29
Figura 12: Mapeamento das áreas amostradas na região de São Mateus.	30
Figura 13: Vazões médias mensais do rio São Mateus – Estação Boca da Vala, localizada em São Mateus/ES (a 75 km da foz).	32
Figura 14: Mapa com localização dos pontos de monitoramento no estuário do rio São Mateus (Cricaré).	32
Figura 15 A a C: Magnitudes de correntes medidas na foz do rio São Mateus, com uso de adcp, na Campanha 1. (a) baixamar; (b) enchente; (c) vazante.	34
Figura 16: Fluxos d'água medidos no estuário do rio São Mateus (Cricaré) em relação às variações dos níveis d'água. Valores positivos de fluxo indicam escoamento para jusante, valores negativos de fluxo indicam escoamento para montante.	36
Figura 17: Salinidade e temperatura medidos no estuário do rio São Mateus (Cricaré), durante a Campanha 1.	37
Figura 18: Salinidade, temperatura e nível d'água medidos no estuário do rio São Mateus (Cricaré), durante a Campanha 2.....	37
Figura 19: Salinidade, temperatura e nível d'água medidos no estuário do rio São Mateus (Cricaré), durante a Campanha 3.....	38
Figura 20: Salinidade, temperatura e nível d'água medidos no estuário do rio São Mateus (Cricaré), durante a Campanha 4.....	38

Figura 21: Salinidade, temperatura e nível d'água medidos no estuário do rio São Mateus (Cricaré), durante a Campanha 5.....	38
Figura 22: Salinidade e temperatura medidos no estuário do rio São Mateus (Cricaré), durante a Campanha 6.....	39
Figura 23: Mapa com localização dos pontos de monitoramento no estuário do rio Mariricu (Barra Nova).	39
Figura 24A a C: Magnitudes de correntes medidas na foz do rio Mariricu, com uso de adcp, na Campanha 5. (a) preamar; (b) enchente; (c) vazante.....	41
Figura 25: Fluxos d'água medidos no estuário do rio Mariricu (Barra Nova) em relação às variações dos níveis d'água. Valores positivos de fluxo indicam escoamento para jusante, valores negativos de fluxo indicam escoamento para montante.	43
Figura 26: Salinidade e temperatura medidos no estuário do rio Mariricu (Barra Nova), durante a Campanha 1.....	44
Figura 27: Salinidade, temperatura e nível d'água medidos no estuário do rio Mariricu (Barra Nova), durante a Campanha 2.....	44
Figura 28: Valores de salinidade, temperatura e nível d'água medidos no estuário do rio Mariricu (Barra Nova), durante a Campanha 3.	45
Figura 29: Valores de salinidade, temperatura e nível d'água medidos no estuário do rio Mariricu (Barra Nova), durante a Campanha 4.	45
Figura 30: Valores de salinidade e temperatura medidos no estuário do rio Mariricu (Barra Nova), durante a Campanha 5 (maré de quadratura).	45
Figura 31: Mapa com localização dos pontos de monitoramento no estuário do rio Piraquê.	46
Figura 32A a C: Magnitudes de correntes medidas na foz do rio Piraquê, com uso de adcp, na Campanha 6. (a) vazante; (b) enchente; (c) preamar.....	48
Figura 33: Fluxos d'água medidos no estuário do rio Piraquê em relação às variações dos níveis d'água. Valores positivos de fluxo indicam escoamento para jusante, valores negativos de fluxo indicam escoamento para montante.....	50
Figura 34: Salinidade e temperatura medidos no estuário do rio Piraquê, durante a Campanha 1.....	51
Figura 35: Salinidade, temperatura e nível d'água medidos no estuário do rio Piraquê, durante a Campanha 2.....	51
Figura 36: Salinidade, temperatura e nível d'água medidos no estuário do rio Piraquê, durante a Campanha 3.....	51

Figura 37: Salinidade, temperatura e nível d'água medidos no estuário do rio Piraquê, durante a Campanha 4	52
Figura 38: Salinidade, temperatura e nível d'água medidos no estuário do rio Piraquê, durante a Campanha 5	52
Figura 39: Valores de salinidade e temperatura medidas no estuário do rio Piraquê, durante a Campanha 6 (maré de sizígia)	52
Figura 40: Distribuição dos indivíduos amostrados nas estações na margem direita do Rio Piraquê-Açú. (A) Floresta de Franja Ponto 1; (B) Floresta de Bacia Ponto 1; (C) Floresta de Franja Ponto 2; (D) Floresta de Bacia Ponto 2; (E) Floresta de Franja Ponto 3; (F) Floresta de Bacia Ponto 3. As curvas são o ajuste da distribuição normal.....	60
Figura 41: Distribuição dos indivíduos amostrados nas estações na margem esquerda do rio Piraquê-Açu. (A) Floresta de Franja Ponto 1; (B) Floresta de Bacia Ponto 1; (C) Floresta de Franja Ponto 2; (D) Floresta de Bacia Ponto 2; (E) Floresta de Franja Ponto 3; (F) Floresta de Bacia Ponto 3. As curvas são o ajuste da distribuição normal.....	61
Figura 42: Imagem da estação PA3BE destaque para a presença de <i>Acrostichum</i> sp entre as árvores de mangue e ao fundo as árvores mortas.	63
Figura 43: Distribuição dos indivíduos amostrados nas estações na margem direita do rio Piraquê-Mirim. (A) Floresta de Franja Ponto 1; (B) Floresta de Bacia Ponto 1; (C) Floresta de Franja Ponto 2; (D) Floresta de Bacia Ponto 2; (E) Floresta de Franja Ponto 3; (F) Floresta de Bacia Ponto 3. As curvas são o ajuste da distribuição normal.....	67
Figura 44: Distribuição dos indivíduos amostrados nas estações na margem esquerda do Rio Piraquê-Mirim. (A) Floresta de Franja Ponto 1; (B) Floresta de Bacia Ponto 1; (C) Floresta de Franja Ponto 2; (D) Floresta de Bacia Ponto 2; (E) Floresta de Franja Ponto 3; (F) Floresta de Bacia Ponto 3. As curvas são o ajuste da distribuição normal.....	68
Figura 45: Distribuição dos indivíduos amostrados nas estações da APA Costa das Algas. (A) Floresta de Franja Ponto 1 (RVS Alfredo Ruschi); (B) Floresta de Franja Ponto 2 e 3 (Rios Sauê e Sahy, respectivamente).....	71
Figura 46: Distribuição dos troncos por diâmetro no estuário do Rio Riacho. (A) Floresta de Franja no ponto 1. (B) Floresta de Franja no ponto 2. (C) Floresta de Franja no ponto 3.....	73
Figura 47: Imagens de campo obtidas durante a realização das parcelas no rio Riacho. Observar na imagem com escala o nível médio de inundação (faixa marrom escuro) no tronco de <i>L. racemosa</i> e o nível mais elevado de marca contendo depósitos de lama avermelhada. A imagem da floresta de franja descreve o depósito de lama vermelha sobre os rizóforos da <i>R. mangle</i>	74

Figura 48: Imagem obtida na Ilha São João no Rio São Mateus em 2010, após evento de intensa chuva na calha do rio. Nota-se no tronco de <i>Avicennia schaueriana</i> e de <i>Laguncularia racemosa</i> as marcas mais frequentes de inundação pela maré (em torno de 10 cm nos troncos) e as marcas no tronco à esquerda próximo a 40 cm de altura.....	74
Figura 49: Distribuição dos indivíduos amostrados nas estações do Rio Urussuquara. (A) Floresta de Franja Ponto 1; (B) Floresta de Franja Ponto 3; (C) Floresta de Franja Ponto 2; (D) Floresta de Bacia Ponto 3.	78
Figura 50: Manchas avermelhadas nas árvores de mangue do estuário do rio Ipiranga em Urussuquara.	78
Figura 51: Distribuição dos diâmetros no Rio Mariricu. (A) Florestas de Franja Ponto 1; (B) Florestas de Bacia Ponto 1; (C) Florestas de Franja Ponto 2; (D) Florestas de Bacia Ponto 2; (E) Florestas de Franja Ponto 3 e (F) Florestas de Bacia Ponto 3.	81
Figura 52: Distribuição dos troncos pelo diâmetro, nas estações da margem direita do estuário do rio São Mateus. (A) Floresta de Franja Ponto 1; (B) Florestas de Bacia Ponto 1; (C) Florestas de Franja e Bacia do ponto 3.	84
Figura 53: Distribuição dos troncos pelo diâmetro, nas estações da margem esquerda do estuário do rio São Mateus. (A) Floresta de Franja Ponto 1; (B) Florestas de Bacia Ponto 1; C Floresta de Franja Ponto 2; (D). Florestas de Franja do Ponto 3.	85
Figura 54: Distribuição dos troncos amostrados nas estações na margem direita do rio Caravelas/BA. A= estações de bosque de franja do ponto 1; B= estações de bosque de bacia do ponto 1; C= estações de bosque de franja do ponto 2; D= estações de bosque da bacia do ponto 2; E= estações de bosque de franja do ponto 3; F= estações de bosque de bacia do ponto 3.	90
Figura 55: Distribuição dos troncos amostrados nas estações na margem esquerda do rio Caravelas/BA. A= estações de bosque de franja do ponto 1; B= estações de bosque de bacia do ponto 1; C= estações de bosque de franja do ponto 2; D= estações de bosque de bacia do ponto 2; E= estações de bosque de franja do ponto 3; F= estações de bosque de bacia ponto 3.	91
Figura 56: Densidade populacional de <i>Ucides cordatus</i> em função das amostragens (Campo 1, 2 e 3) realizadas nos estuários: A: Piraque Açú; B: Piraque Mirim; C: Costa das Algas; D: Barra do Riacho; E: Urussuquara; F: Mariricu; G: São Mateus. As barras indicam erro padrão da média e letras diferentes entre as médias dos campos no mesmo estuário indicam diferença estatística ($p \leq 0,05$) pelo teste de agrupamento de Scott-Knott.	102
Figura 57: Densidade populacional de <i>Cardisoma guanhumí</i> (Latreille, 1825) em função das duas amostragens (Campos 2 e 3) realizadas nos estuários: A: Piraque Açú; B: Piraque Mirim; C: Costa das Algas; D: Barra do Riacho; E: Urussuquara; F: Mariricu; G: São Mateus. As barras indicam erro padrão	

da média e letras diferentes entre as médias dos campos no mesmo estuário indicam diferença estatística ($p \leq 0,05$) pelo teste de agrupamento de Scott-Knott.....	108
Figura 58: Ajuste da função Exponencial para a relação peso da massa ovígera (g) e largura do cefalotórax (mm) de <i>Ucides cordatus</i> (Linnaeus, 1763) no estuário do rio São Mateus, Conceição da Barra, Espírito Santo.....	113
Figura 59: Fecundidade de <i>Ucides cordatus</i> (Linnaeus, 1763) no estuário do rio São Mateus e Piraquê Açú-Mirim. As letras diferentes entre as medianas indicam diferença estatística (Mann-Whitney, $p \leq 0,05$).	114
Figura 60: Fecundidade de <i>Ucides cordatus</i> (Linnaeus, 1763) no estuário do rio São Mateus em 2015, 2016 (Porto, 2016) e 2019. As barras indicam erro padrão da média e letras diferentes entre as médias indicam diferença estatística (ANOVA, $p \leq 0,05$).	114
Figura 61: Eletroforese em gel de agarose de <i>C. guanhani</i> (1-10) e de <i>U. cordatus</i> (11-20).	118
Figura 62: Amostras de folhas armazenadas em sacos de papel, identificadas e mantidas em estufa de circulação forçada de ar a temperatura de 65°C até peso constante.	124
Figura 63: Preparo das amostras para envio ao laboratório de análises químicas.....	125
Figura 64: Preparo da solução nutritiva para cultivo de <i>Rhizophora mangle</i> em hidroponia.	127
Figura 65: Correção de pH da solução nutritiva.....	127
Figura 66: Enraizamento de <i>Rhizophora mangle</i> em hidroponia.....	128
Figura 67: Fluorescência da clorofila a em plantas de <i>Talipariti pernambucensis</i> avaliadas no estuário do Rio Doce, no campo 1 (novembro de 2018) e no campo 3 (fevereiro de 2019). Médias seguidas de letras diferentes na comparação entre campos indicam diferença estatística ($p \leq 0.05$) pelo teste Mann-Whitney (barras indicam erro padrão da média; n para campo 1 = 5 folhas; n para campo 3 = 15 folhas).	131
Figura 68: Fluorescência da clorofila a (F_o , F_m , F_v/F_m , ABS/RC e P_{ltotal}) em plantas de <i>Talipariti pernambucensis</i> em folhas da espécie <i>Hibiscus</i> em diferentes pontos, no estuário Rio Doce, campo e floresta. Barras indicam erro padrão da média (n = 5, 10 e 5 nos pontos 1, 2 e 3 respectivamente) e, letras diferentes na comparação de médias entre os campos indicam diferença estatística ($p \leq 0.05$) pelo teste Mann-Whitney.....	132
Figura 69: Fluorescência da clorofila a em plantas de <i>Avicennia schaueriana</i> avaliadas no estuário de Costa das Algas, no campo 3 (fevereiro de 2019). Barras indicam erro padrão da média; n = 5 folhas.	133
Figura 70: Fluorescência inicial (F_o) medida em folhas da espécie <i>R. mangle</i> em diferentes estuários e campos (A = Piraqueaçu; B = Piraquemirim; C = Costa das Algas; D = Barra do Riacho; E =	

Urussuquara; F = Barra Nova; G = São Mateus; H = Caravelas). Barras indicam erro padrão da média e, letras diferentes entre as médias dos campos no mesmo estuário indicam diferença estatística ($p \leq 0.05$) pelo teste Mann-Whitney. 135

Figura 71: Fluorescência máxima (F_m) medida em folhas da espécie *R. mangle* em diferentes estuários e campos (A = Piraqueaçu; B = Piraquemirim; C = Costa das Algas; D = Barra do Riacho; E = Urussuquara; F = Barra Nova; G = São Mateus; H = Caravelas). Barras indicam erro padrão da média e, letras diferentes entre as médias dos campos no mesmo estuário indicam diferença estatística ($p \leq 0.05$) pelo teste Mann-Whitney. 136

Figura 72: F_v/F_m medido em folhas da espécie *R. mangle* em diferentes estuários e campos (A = Piraqueaçu; B = Piraquemirim; C = Costa das Algas; D = Barra do Riacho; E = Urussuquara; F = Barra Nova; G = São Mateus; H = Caravelas). Barras indicam erro padrão da média e, letras diferentes entre as médias dos campos no mesmo estuário indicam diferença estatística ($p \leq 0.05$) pelo teste Mann-Whitney..... 137

Figura 73: ABS/RC obtido em folhas da espécie *R. mangle* em diferentes estuários e campos (A = Piraqueaçu; B = Piraquemirim; C = Costa das Algas; D = Barra do Riacho; E = Urussuquara; F = Barra Nova; G = São Mateus; H = Caravelas). Barras indicam erro padrão da média e, letras diferentes entre as médias dos campos no mesmo estuário indicam diferença estatística ($p \leq 0.05$) pelo teste Mann-Whitney..... 138

Figura 74: Índice de desempenho fotossintético (PI_{total}) em folhas da espécie *R. mangle* em diferentes estuários e campos (A = Piraqueaçu; B = Piraquemirim; C = Costa das Algas; D = Barra do Riacho; E = Urussuquara; F = Barra Nova; G = São Mateus; H = Caravelas). Barras indicam erro padrão da média e, letras diferentes entre as médias dos campos no mesmo estuário indicam diferença estatística ($p \leq 0.05$) pelo teste Mann-Whitney. 139

Figura 75: Parâmetros da fluorescência da clorofila a (F_o , F_m , F_v/F_m , ABS/RC e PI_{total}) em folhas da espécie *R. mangle* em diferentes campos, independente de estuário e floresta. Barras indicam erro padrão da média ($n = 98, 95$ e 219 nos campos 1, 2 e 3 respectivamente) e, letras diferentes na comparação de médias entre os campos indicam diferença estatística ($p \leq 0.05$) pelo teste Mann-Whitney..... 140

Figura 76: Parâmetros da fluorescência da clorofila a (F_o , F_m , F_v/F_m , ABS/RC e PI_{total}) em folhas da espécie *R. mangle* nas florestas franja e bacia, independente de estuário e campo. Barras indicam erro padrão da média ($n = 213$ e 199 nas florestas franja e bacia respectivamente) e, letras iguais na comparação de médias entre as florestas não indicam diferença estatística ($p > 0.05$) pelo teste Mann-Whitney..... 141

Figura 77: Fluorescência da clorofila a (F_o , F_m , F_v/F_m , ABS/RC e PI_{total}) em folhas da espécie *R. mangle* em diferentes pontos, independente de estuário, campo e floresta. Barras indicam erro padrão da média

- (n = 162, 140 e 110 nos pontos 1, 2 e 3 respectivamente) e, letras diferentes na comparação de médias entre os campos indicam diferença estatística ($p \leq 0.05$) pelo teste Mann-Whitney..... 142
- Figura 78: Fluorescência inicial (F_o) em folhas da espécie *L. racemosa* em diferentes estuários, campos (A = Urussuquara; B = Barra Nova; C = São Mateus) e florestas. Barras indicam erro padrão da média e, letras diferentes na comparação de médias dentro do mesmo estuário indicam diferença estatística ($p \leq 0.05$) pelo teste Mann-Whitney. 143
- Figura 79: Fluorescência máxima (F_m) em folhas da espécie *L. racemosa* em diferentes estuários, campos (A = Urussuquara; B = Barra Nova; C = São Mateus) e florestas. Barras indicam erro padrão da média e, letras diferentes na comparação de médias dentro do mesmo estuário indicam diferença estatística ($p \leq 0.05$) pelo teste Mann-Whitney..... 144
- Figura 80: F_v/F_m em folhas da espécie *L. racemosa* em diferentes estuários, campos (A = Urussuquara; B = Barra Nova; C = São Mateus) e florestas. Barras indicam erro padrão da média e, letras diferentes na comparação de médias dentro do mesmo estuário indicam diferença estatística ($p \leq 0.05$) pelo teste Mann-Whitney. 145
- Figura 81: ABS/RC em folhas da espécie *L. racemosa* em diferentes estuários, campos (A = Urussuquara; B = Barra Nova; C = São Mateus) e florestas. Barras indicam erro padrão da média e, letras diferentes na comparação de médias dentro do mesmo estuário indicam diferença estatística ($p \leq 0.05$) pelo teste Mann-Whitney. 146
- Figura 82: PI_{total} em folhas da espécie *L. racemosa* em diferentes estuários, campos (A = Urussuquara; B = Barra Nova; C = São Mateus) e florestas. Barras indicam erro padrão da média e, letras diferentes na comparação de médias dentro do mesmo estuário indicam diferença estatística ($p \leq 0.05$) pelo teste Mann-Whitney. 147
- Figura 83: Fluorescência da clorofila a (F_o , F_m , F_v/F_m , ABS/RC e PI_{total}) em folhas da espécie *L. racemosa* em diferentes pontos, independente de estuário, campo e floresta. Barras indicam erro padrão da média (n = 10 e 65 nos pontos 2 e 3 respectivamente) e, letras diferentes na comparação de médias entre os campos indicam diferença estatística ($p \leq 0.05$) pelo teste Mann-Whitney..... 148
- Figura 84A e B: Radiação fotossinteticamente ativa (RFA), temperatura foliar (T_{foliar}) e parâmetros de trocas gasosas medido em folhas da espécie *R. mangle* em diferentes campos nos estuários Barra Nova (A) e São Mateus (B). Barras indicam erro padrão da média e, letras diferentes entre as médias dos campos no mesmo estuário indicam diferença estatística ($p \leq 0.05$) pelo teste Mann-Whitney. Ci - concentração intercelular de CO_2 , E – transpiração, gs – condutância estomática, A – assimilação de CO_2 , A/gs Eficiência Intrínseca no Uso da Água e A/E - Eficiência Instantânea no Uso da Água..... 149
- Figura 85: PI_{total} , condutância estomática (gs) e assimilação de CO_2 (A) em folhas da espécie *R. mangle* em diferentes estuários (A = Piraqueaçu; B = Piraquemirim; C = Costa das Algas; D = Barra do Riacho; E = Urussuquara; F = Barra Nova; G = São Mateus; H = Caravelas), independente de campo, ponto e

floresta. À esquerda o Boxplot e à direita a comparação entre os estuários, (Barras indicam erro padrão da média e, letras diferentes na comparação de médias de estuário indicam diferença estatística ($p \leq 0.05$) pelo teste Mann-Whitney).	152
Figura 86: Condutância estomática (gs) e assimilação de CO ₂ (A) em folhas da espécie <i>R. mangle</i> em diferentes florestas (A = Franja; B = Bacia), independente de estuário, campo e ponto. Barras indicam erro padrão da média e, letras diferentes entre as médias dos florestas indicam diferença estatística ($p \leq 0.05$) pelo teste Mann-Whitney.	153
Figura 87: PI _{total} em folhas da espécie <i>L. racemosa</i> em diferentes estuários (A = Urussuquara; B = Barra Nova; C = São Mateus), independente de campo, ponto e floresta. À esquerda o Boxplot e à direita a comparação entre os estuários, (Barras indicam erro padrão da média e, letras diferentes na comparação de médias de estuário indicam diferença estatística ($p \leq 0.05$) pelo teste Mann-Whitney).	153
Figura 88: Condutância estomática (gs) e assimilação de CO ₂ (A) em folhas da espécie <i>L. racemosa</i> em diferentes estuários, independente de campo, ponto e floresta (A = Urussuquara; B = Barra Nova; C = São Mateus; D = Caravelas). Barras indicam erro padrão da média e, letras diferentes entre as médias dos estuários indicam diferença estatística ($p \leq 0.05$) pelo teste Mann-Whitney.	154
Figura 89: Condutância estomática (gs) e assimilação de CO ₂ (A) em folhas da espécie <i>L. racemosa</i> em diferentes florestas (A = Franja; B = Bacia), independente de estuário, campo e ponto. Barras indicam erro padrão da média e, letras diferentes entre as médias dos florestas indicam diferença estatística ($p \leq 0.05$) pelo teste Mann-Whitney.	154
Figura 90: Correlação de Spearman entre as variáveis comprimento (cm) e largura (cm) de folhas de 2° par para <i>Avicennia schaueriana</i> (Av), <i>Laguncularia racemosa</i> (Lg), <i>Rhizophora mangle</i> (Rh) e <i>Talipariti pernambucensis</i> (Ta) em diferentes estuários no norte do estado Espírito Santo e sul da Bahia.	156
Figura 91: Mapa representando os pontos de amostragem dos rios Piraquê Açu (PA) e Piraquê Mirim (PM). Margem direita (MD) e margem esquerda (ME). Cada ponto possui franja e bacia.	164
Figura 92: Mapa representando os pontos de amostragem de Barra do Riacho. OBS.: Os pontos só possuem franja.	164
Figura 93: Mapa representando os pontos de amostragem de Regência.	165
Figura 94: Mapa representando os pontos de amostragem de Urussuquara.	166
Figura 95: Mapa representando os pontos de amostragem de Barra Nova.	167
Figura 96: Mapa representando os pontos de amostragem de Meleiras, São Mateus.	167
Figura 97: Mapa representando os pontos de amostragem de Conceição da Barra.	168

Figura 98: Mapa representando os pontos de amostragem de Caravelas-BA..... 169

LISTA DE TABELAS

- Tabela 1: Resumo da análise de variância da densidade média de *Ucides cordatus* (Linnaeus, 1763) entre os estuários (Piraquê Açú, Piraquê Mirim, Urussuquara, Mariricu e São Mateus) em diferentes amostragens (campo 1: outubro/novembro de 2018; campo 2: novembro/dezembro de 2018; campo 3: janeiro/fevereiro de 2019) para os florestas do tipo franja e bacia no norte do Espírito Santo, Brasil. 98
- Tabela 2: Resumo da análise de variância conjunta entre os fatores estuário em diferentes amostragens (campo 1: outubro/novembro de 2018; campo 2: novembro/dezembro de 2018; campo 3: janeiro/fevereiro de 2019) e tipos de floresta (franja e bacia) para a densidade média de *Ucides cordatus* (Linnaeus, 1763) no norte do Espírito Santo, Brasil. 99
- Tabela 3: Resumo da análise de variância da característica densidade média de *Ucides cordatus* (Linnaeus, 1763) entre os estuários (Piraquê Açú, Piraquê-Mirim, Barra do Riacho, Urussuquara, Mariricu, São Mateus) em diferentes amostragens (Campos 1, 2 e 3) para os florestas do tipo franja e bacia no norte do Espírito Santo, Brasil. 104
- Tabela 4: Resumo da análise de variância conjunta entre os fatores estuário (Piraquê Açú, Piraquê Mirim, Barra do Riacho, Urussuquara, Mariricu e São Mateus) em diferentes amostragens (Campos 1, 2 e 3) e pontos (1, 2 e 3) para a característica densidade média (indivíduos.m⁻²) de *Ucides cordatus* (Linnaeus, 1763) no norte do Espírito Santo. 104
- Tabela 5: Densidade média populacional de *Ucides cordatus* (Linnaeus, 1763) verificado ao longo do gradiente de salinidade (estuário inferior, médio e superior) nos estuários avaliados (Piraquê Açú, Piraquê Mirim, Barra do Riacho, Urussuquara, Mariricu e São Mateus) entre outubro/2018 a fevereiro/2019..... 105
- Tabela 6: Resumo da análise de variância da característica densidade média de *Ucides cordatus* (Linnaeus, 1763) em diferentes estuários (Piraquê Açú, Piraquê Mirim, Barra do Riacho, Urussuquara, Mariricu e São Mateus) em três amostragens (Campos 1, 2 e 3) no norte do Espírito Santo. 105
- Tabela 7: Resumo da análise de variância para a característica densidade (indivíduos.m⁻²) de *Cardisoma guanhumi* (Latreille, 1825) em diferentes estuários (Piraquê Açú, Piraquê Mirim, Barra do Riacho), no norte do estado do Espírito Santo entre novembro de 2018 em fevereiro de 2019 107
- Tabela 8: Razão sexual da espécie *Cardisoma guanhumi* (Latreille, 1825) nas amostragens realizadas entre novembro/2018 a fevereiro/2019 nos estuários do rio São Mateus (SM), Mariricu (BN), Urussuquara (UR), APA Costa das Algas (CA), Piraquê Mirim (PM) e Piraquê Açú (PA), mostrando a proporção de indivíduos machos (M) e fêmeas (F) capturados com auxílio de armadilha do tipo ratoeira por catador experiente. FO: Fêmea ovígera. N = 239. 110
- Tabela 9: *Ucides cordatus* (Linnaeus, 1763). Modelos de regressão utilizados para avaliar a relação biométrica entre Largura do cefalotórax (LC) (mm), como variável independente, e Fecundidade (F) e Peso da massa ovígera (PMO) como variáveis dependentes das fêmeas ovígeras nos estuários do rio

São Mateus (Conceição da Barra) e do Piraque Açú-Mirim (Aracruz) em janeiro e fevereiro de 2019.	111
Tabela 10: Porcentagem de massa seca (%) de folhas de <i>Rhizophora mangle</i> coletadas em diferentes regiões de mangue do litoral Capixaba e sul Baiano.....	125
Tabela 11: Porcentagem de massa seca (%) de folhas de <i>Talipariti pernambucense</i> coletadas na região do Rio Doce-ES.....	126

LISTA DE QUADROS

Quadro 1: Localização das áreas amostradas referenciadas pelos marcos geodésicos (Sirgas 2000).	23
Quadro 2: Parâmetros estruturais das florestas de mangue presentes no estuário do rio Piraquê Açú.	57
Quadro 3: Salinidade média das estações amostradas ao longo do rio Piraquê-Açú.....	62
Quadro 4: Parâmetros estruturais das florestas de mangue presentes no estuário do rio Piraquê-Mirim.	64
Quadro 5: Valores de salinidade mensurados ao longo do estuário do rio Piraquê-Mirim.....	69
Quadro 6: Parâmetros estruturais das florestas de mangue na região da APA Costa das Algas.	70
Quadro 7: Parâmetros estruturais das florestas de mangue de Barra do Riacho.	72
Quadro 8: Parâmetros estruturais da vegetação halófitas nas regiões amostrais do Rio Doce.	75
Quadro 9: Parâmetros estruturais das florestas de mangue de Urussuquara.	76
Quadro 10: Parâmetros estruturais das florestas de mangue de Barra Nova.	79
Quadro 11: Dados de salinidade obtidos no Rio Mariricu. Legenda: S. P. (Sem Parcela).....	81
Quadro 12: Parâmetros estruturais dos bosques de mangue do rio São Mateus.	82
Quadro 13: Salinidade os pontos amostrais no Rio São Mateus. Legenda: s.d = sem dados.....	86
Quadro 14: Parâmetros estruturais das florestas de mangue presentes no estuário do rio Caravelas/BA.	87
Quadro 15: Densidade populacional de <i>Ucides cordatus</i> (Linnaeus, 1763) verificada entre os meses de novembro de 2018 a fevereiro de 2019 em diferentes estuários no norte do Espírito Santo. Sendo eles: Piraquê Açú, Piraquê-Mirim, Barra do Riacho, Urussuquara, Mariricu, São Mateus e APA Costa das Algas.....	100
Quadro 16: Razão sexual da espécie <i>Ucides cordatus</i> (Linnaeus, 1763) nas amostragens realizadas entre outubro/2018 a fevereiro/2019 nos estuários do rio São Mateus (SM), Mariricu (BN), Urussuquara (UR), APA Costa das Algas (CA), Piraquê Mirim (PM) e Piraquê Açú (PA), mostrando a proporção de indivíduos machos (M) e fêmeas (F) capturados pela técnica denominada de braceamento. FO: Fêmea ovígera. N total = 487.	109
Quadro 17: Fecundidade estimada para fêmeas de <i>Ucides cordatus</i> (Linnaeus, 1763) no estuário do rio São Mateus (SM), Conceição da Barra, e Piraquê Açú-Mirim (PAM), Aracruz, Espírito Santo. LC:	

Largura do cefalotórax (mm). CC: Comprimento do cefalotórax (mm). F: Fecundidade. N total = 20.	111
Quadro 18: Número de amostras coletadas, local e data da coleta, espécie e sexo dos indivíduos.	116
Quadro 19: Quantificação de DNA para as espécies <i>Ucides cordatus</i> e <i>Cardisoma guanhumii</i>	117
Quadro 20: Primers selecionados para a amplificação da região microssatélite em <i>U. cordatus</i>	118
Quadro 21: Primers selecionados para amplificação da região <i>COI</i> em <i>C. guanhumi</i>	118
Quadro 22: Porcentagem de massa seca (%) de folhas de <i>Rhizophora mangle</i> e <i>Avicennia schaueriana</i> coletadas nas Costas da Algas-ES	126
Quadro 23: Porcentagem de massa seca (%) de folhas de <i>Rhizophora mangle</i> e <i>Laguncularia racemosa</i> coletadas em Barra Nova-ES	126
Quadro 24: Estatística descritiva do tamanho da amostra (n), média, Mediana (Med), e teste de normalidade de Shapiro-Wilk (SW) para a salinidade entre diferentes estuários para o mesmo ponto e entre diferentes pontos para o mesmo estuário a partir de avaliações feitas entre novembro de 2018 e fevereiro de 2019 no norte do estado do Espírito Santo e sul da Bahia.	130
Quadro 25: Estatística descritiva do tamanho da amostra (n), valor mínimo (Mín.), máximo (Máx.), média, Mediana (Med), coeficiente de variação (CV, em %) e teste de normalidade de Shapiro-Wilk (SW) para a relação comprimento/ largura de folhas de diferentes espécies em diferentes florestas e na floresta a partir de avaliações feitas entre novembro de 2018 e fevereiro de 2019 em diferentes estuários no norte do estado do Espírito Santo e sul da Bahia.	157
Quadro 26: Pontos amostrais.....	163
Quadro 27: Análise granulométrica realizada em parte das amostras até o momento.	170

1 SUBPROJETO: MAPEAMENTO DOS HABITATS DAS ESPÉCIES *UCIDES CORDATUS* E *CARDISOMA GUANHUMI*.

1.1 OBJETIVO

Mapear as áreas de estudo com base na vegetação do manguezal; Estabelecer posições geográficas nas parcelas em cada área amostral; Determinar a distribuição das espécies *Ucides cordatus* e *Cardisoma guanhumi*.

1.2 INTRODUÇÃO

Três dos cinco objetivos estabelecidos foram cumpridos para 80% das áreas de estudo do litoral norte capixaba, foi realizado o tratamento das imagens de satélite para a realização do mapeamento sendo que ainda estão faltando imagens de alta resolução de algumas áreas; foram também realizadas as delimitações com base no SIG das áreas amostradas e foram gerados também os mapas temáticos para as mesmas áreas.

Para iniciar o trabalho de mapeamento que é um dos objetivos desta equipe, foram solicitadas imagens de alta resolução de todas as áreas de estudo (meta física 1). A empresa contratada para isto teve grande dificuldade de achar de forma rápida imagens com baixa cobertura de nuvens dos locais escolhidos, por conta das características climáticas do estado de Espírito Santo e Sul da Bahia.

Num primeiro momento a empresa forneceu imagens do satélite Planet com 3 metros de resolução espacial, para podermos realizar o planejamento das saídas de campo (meta física 1). As imagens do satélite SKYSAT de alta resolução só foram entregues no final do mês de março, o que impediu executar uma parte de nosso cronograma, mesmo assim as metas estabelecidas foram cumpridas no prazo na maioria das áreas.

Os objetivos que compreendem a distribuição das espécies e que depende totalmente do trabalho de campo realizado e possuem como meta o mapeamento das áreas de estudo e o mapeamento dos habitats de *Cardisoma* e *Ucides* (meta física 2 e 3) foi dividido em duas partes, até agora foram realizadas duas campanhas (saídas de campo), onde foram utilizados os equipamentos para levantamentos topográficos RTK - 4 e o GPS pós-processado Juno.

Para o uso do equipamento RTK foi estabelecida uma rotina de Procedimento Padrão (POP), realizando o trabalho de campo com a distribuição e medição de marcos geodésicos para todas as áreas, estes marcos correspondem a tubos de PVC de 50 cm de comprimento que foram preenchidos com cimento, e foram fincados em locais estratégicos das áreas amostradas, correspondendo ao local com coordenadas de alta precisão das áreas mapeadas, os “marcos geodésicos” tem um erro na Horizontal de 10 mm + 1 ppm EMQ (meta física 5).

Procurando o treinamento de uma segunda equipe na utilização do equipamento foi elaborado um checklist junto ao POP, esta equipe acompanhou os trabalhos da primeira durante visita a duas áreas (meta física 8), assim em caso de a primeira equipe não conseguir se deslocar por conta da logística para todas as áreas.

É importante ressaltar que foi realizado um grande esforço para cobrir a maior quantidade de áreas nestas duas saídas de campo, sendo que a permanência de cada uma das equipes em cada área fazendo as medições e levantamentos chegou a ultrapassar as 6 horas de trabalho na maioria dos casos, isto para o bom aproveitamento da maré e das boas condições do tempo (era consultada a tábua de maré e a meteorologia nos dias que antecediam e durante o campo), os equipamentos RTK e GPS JUNO, não podem trabalhar em condições de chuva e tormenta elétrica (Figura 1, Figura 2 e Figura 3).

Para o uso do GPS Juno também foi elaborado um POP, cabe salientar que este equipamento de menor precisão que o RTK, permitiu o mapeamento de todos os locais de entrada das parcelas ao longo dos rios em todas as áreas visitadas. Ainda com este equipamento foram levantadas com erro médio de 2 a 3 metros todos os vértices das parcelas visitadas para construção de polígonos, nos dois campos realizados um no mês de outubro de 2018 e outro no mês de fevereiro (meta física 4), foram também levantados os pontos que sinalizam a localização das parcelas (Figura 4) de Franja e Bacia pontos que compõem o mapeamento preliminar das áreas de estudo no litoral capixaba (meta física 5).

Figura 1: Marcos geodésicos.



Fonte: Autoria própria

Figura 2: Implantação dos marcos geodésicos.



Fonte: Autoria própria

Figura 3: Medição dos marcos geodésicos com RTK.



Fonte: Autoria própria

Figura 4: Levantamento de vértices das parcelas (polígonos).

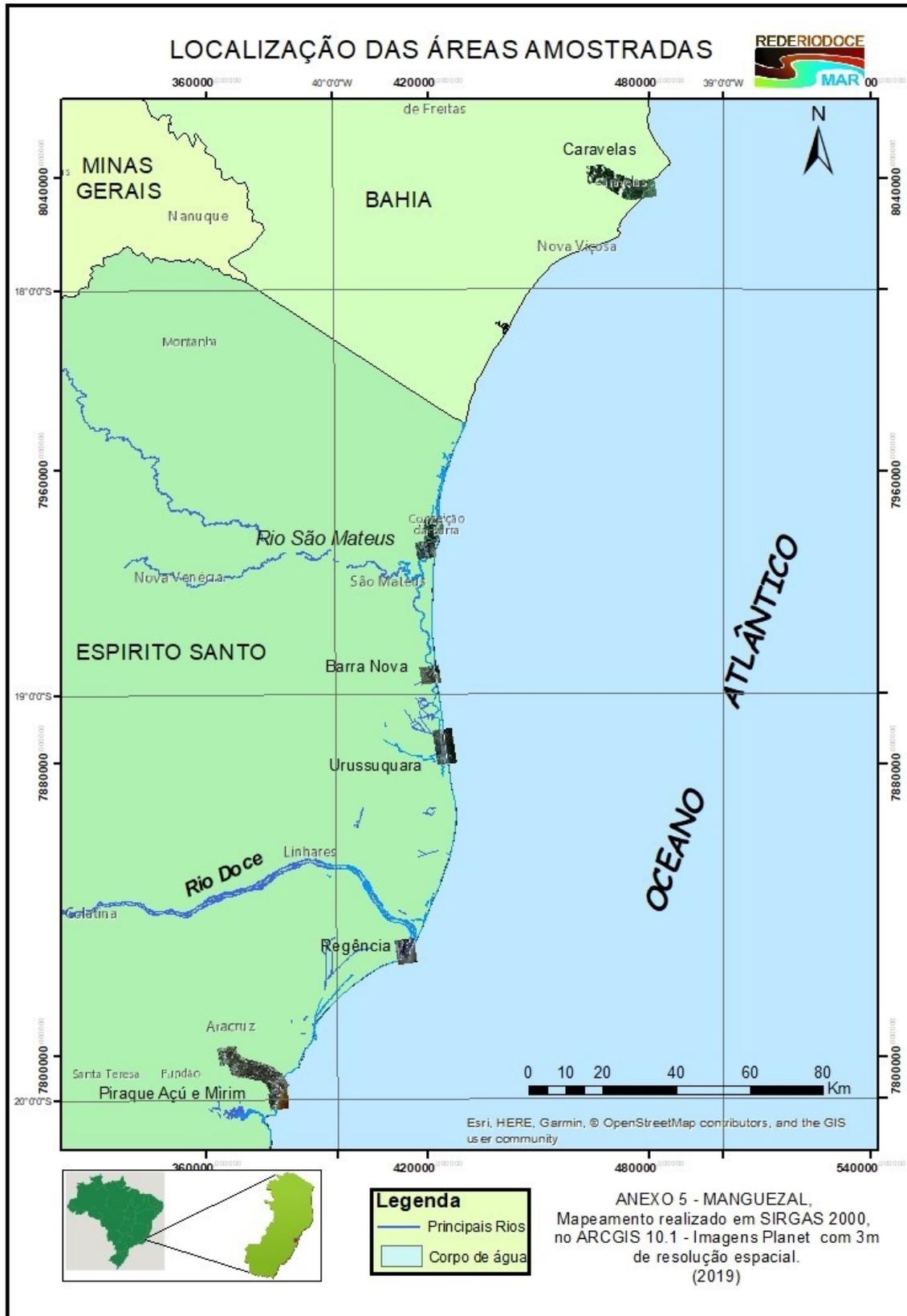


Fonte: Autoria própria

A realização de overlays e elaboração de planos de informação de diferentes variáveis e cruzamento de dados, para obtenção de novas informações, ainda é uma meta que não foi iniciada e que está dentro dos prazos estabelecidos (meta física 6).

Os objetivos que propõem a delimitação com base em SIG da distribuição dos habitats das espécies *Cardisoma guanhumi* e *Ucides cordatus* no litoral norte capixaba, estão começando a ser executados nesta fase do projeto. Espera-se que sejam realizados dois campos específicos para esta finalidade.

Figura 5: Mapa geral elaborado para permitir uma visão mais ampla da área de estudo.



Fonte: Autoria própria.

Em continuação, são apresentados os dados de localização das áreas amostradas (marcos geodésicos) com erro na Horizontal de 10 mm + 1 ppm EMQ do equipamento RTK. (Quadro 1).

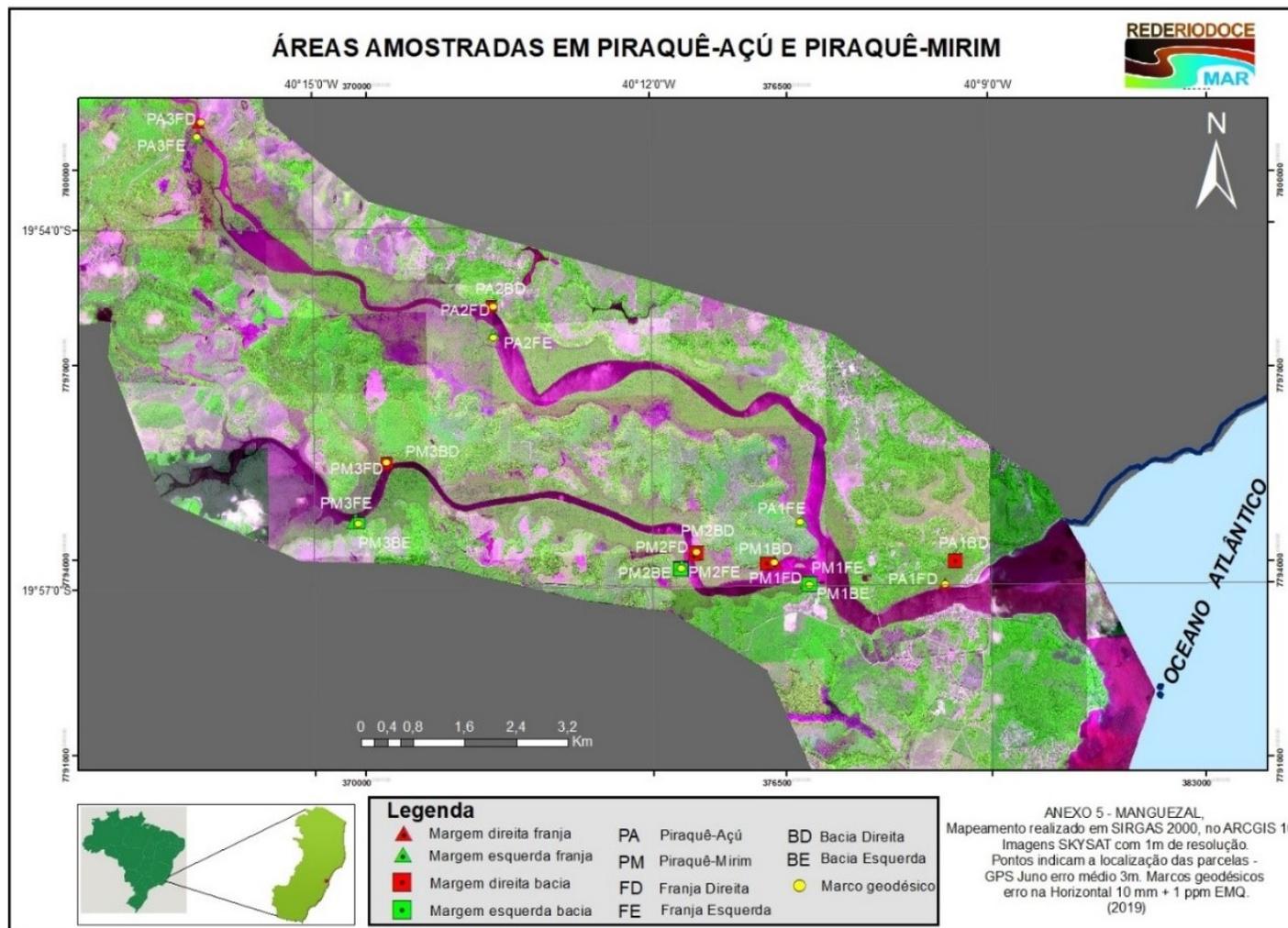
Quadro 1: Localização das áreas amostradas referenciadas pelos marcos geodésicos (Sirgas 2000).

Nome da estação	Código da estação amostral	Localidade	Northing	Easting
Piraquê Mirim 1D	PM1D	Aracruz/Coqueiral	7793983,550	376309,001
Piraquê Mirim 1E	PM1E	Aracruz/Coqueiral	7793635,166	376851,296
Piraquê Mirim 2D	PM2D	Aracruz/Coqueiral	7794139,049	375113,188
Piraquê Mirim 2E	PM2E	Aracruz/Coqueiral	7793893,999	374873,117
Piraquê Mirim 3D	PM3D	Aracruz/Coqueiral	7795515,256	370303,576
Piraquê Mirim 3E	PM3E	Aracruz/Coqueiral	7794581,651	369873,087
Piraquê Açú 1D	PA1D	Aracruz/Coqueiral	7793649,722	378964,171
Piraquê Açú 1E	PA1E	Aracruz/Coqueiral	7794601,552	376704,956
Piraquê Açú 2D	PA2D	Aracruz/Coqueiral	7797909,237	371962,893
Piraquê Açú 2E	PA2E	Aracruz/Coqueiral	7797439,948	371960,886
Piraquê Açú 3D	PA3D	Aracruz/Coqueiral	7800737,523	367431,823
Piraquê Açú 3E	PA3E	Aracruz/Coqueiral	7800513,826	367374,904
São Mateus 1D	SM1D	São Mateus/Conceição da Barra	7944177,711	422207,420
São Mateus 3D	SM3D	São Mateus/Conceição da Barra	7938162,898	419479,302
São Mateus 2E	SM2E	São Mateus/Conceição da Barra	7942990,533	419908,380
São Mateus Base	SM BASE	São Mateus/Conceição da Barra	7944026,839	422487,388
São Mateus 2D	SM2D	São Mateus/Conceição da Barra	7941671,189	421932,795
Urussuquara 1E	UR1E	Urussuquara	7886357,160	424170,551
Urussuquara 2D	UR2D	Urussuquara	7884564,420	423994,996
Urussuquara 3E	UR3E	Urussuquara	7883910,200	424098,488
Urussuquara base	BASE UR	Urussuquara	7886676,183	423995,175
Regência base	RD BASE	Regência	7827618,981	413358,444
Regência ilha	RD ILHA	Regência	7827576,210	413807,272
Regência Tamar	RD TAMAR	Regência	7827397,475	413687,116

Fonte: Autoria própria.

As primeiras áreas amostradas e levantadas correspondem a localidade de Aracruz/Coqueiral, para cada um dos rios Piraquê-mirim e Piraquê-açú foram fincados 6 marcos geodésicos (Figura 6). Todas as áreas foram levantadas pelo equipamento RTK e GPS pós-processado JUNO. A imagem utilizada para este mapeamento corresponde ao satélite SKYSAT e possui uma resolução de 1 metro, as bandas utilizadas foram as 2,4,3 (RGB).

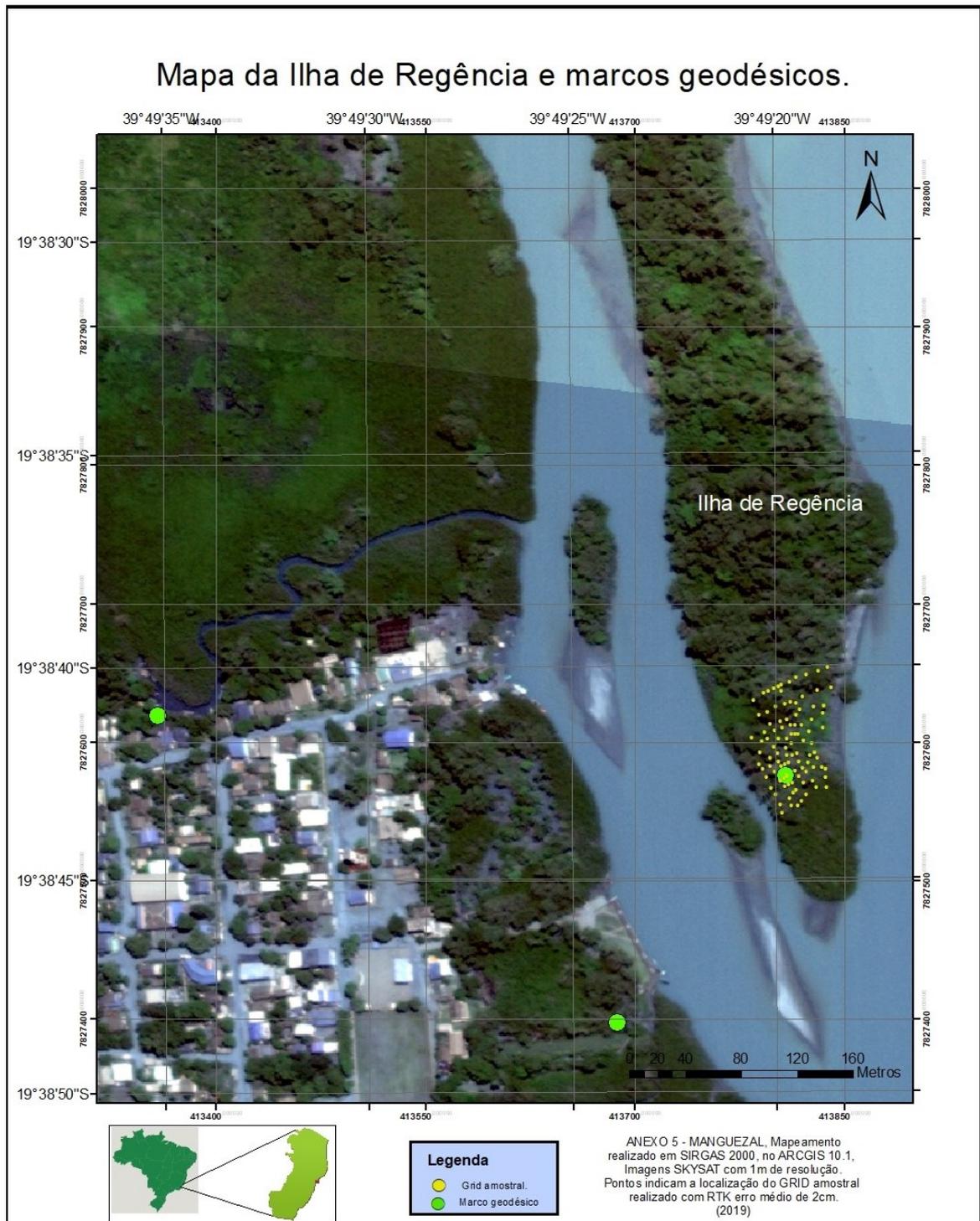
Figura 6: Mapa das áreas amostradas em Aracruz/Coqueiral.



Fonte: Autoria própria.

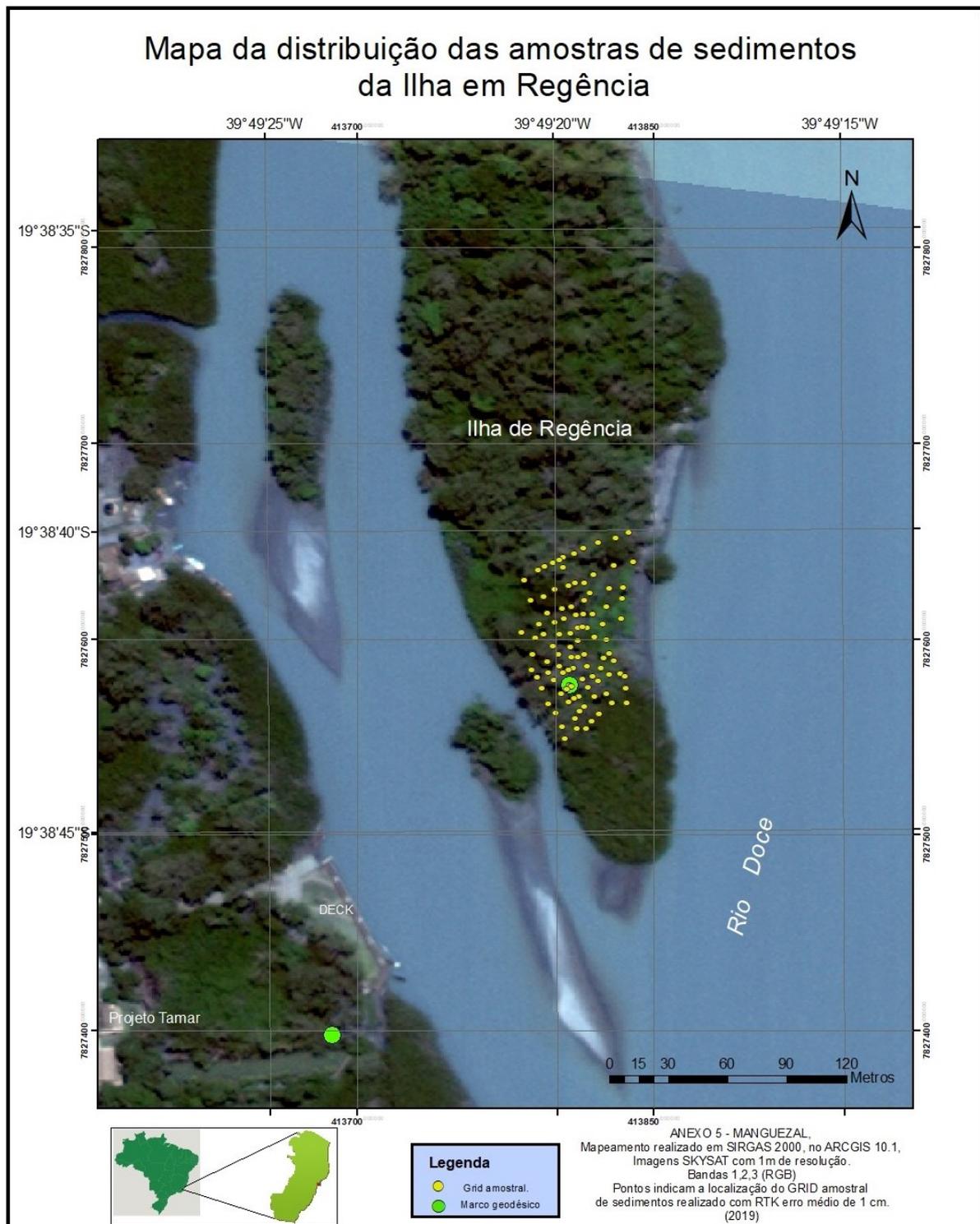
Num segundo momento na primeira saída de campo foi realizado o levantamento dos marcos geodésicos da localidade de Regência, este levantamento estabeleceu uma base em cima de um ponto conhecido na área (no quintal da casa de um pescador, marco da Petrobrás) e mais dois marcos foram fincados para o mapeamento das parcelas e levantamento amostral de sedimentos (Figura 7 e Figura 8).

Figura 7: Mapa da ilha de Regência e marcos geodésicos.



Fonte: Autoria própria.

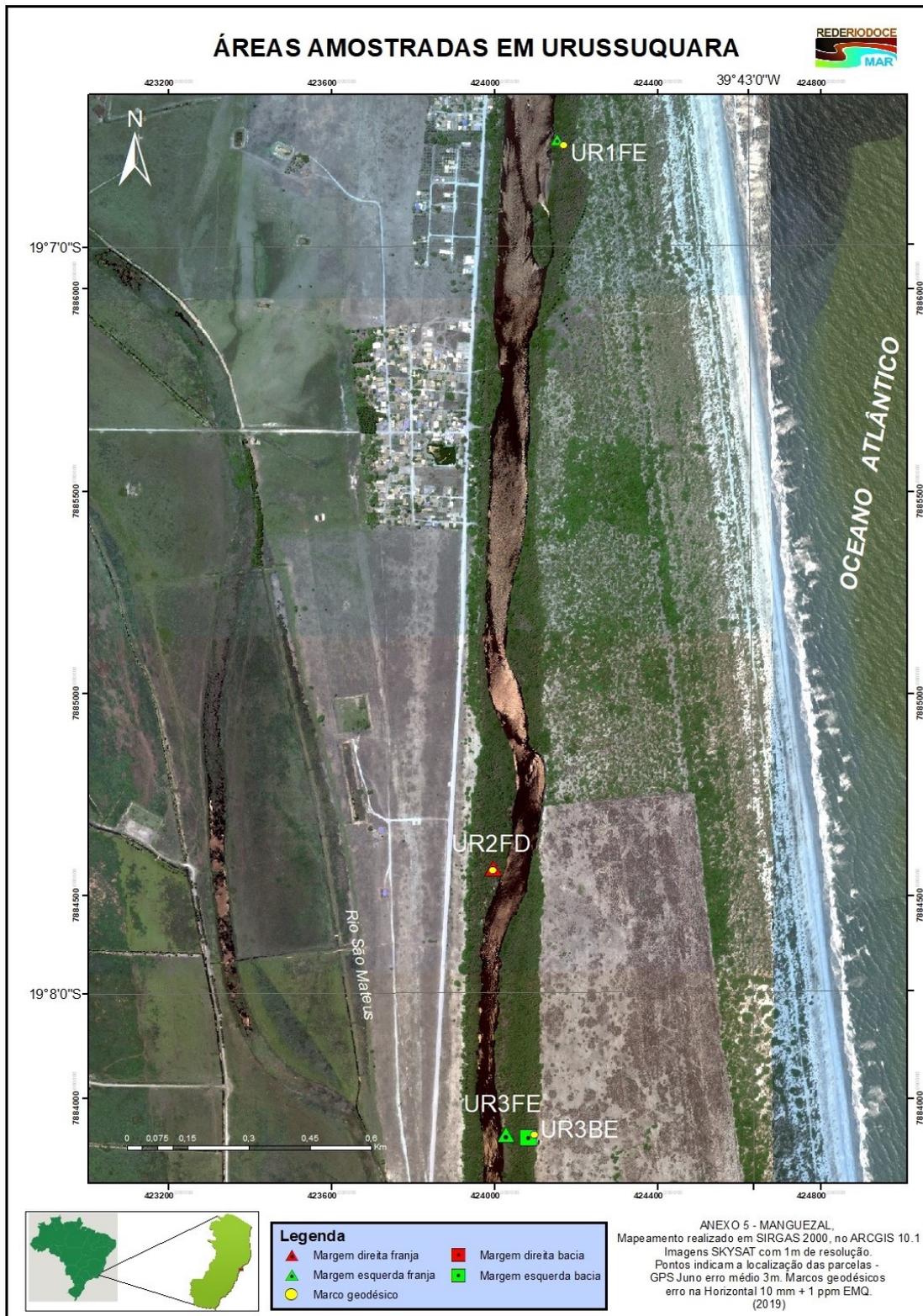
Figura 8: Mapa da Ilha de Regência e amostras dos sedimentos.



Fonte: Autoria própria.

Os mapeamentos da região de Urussuquara foram completados na segunda saída de campo, na primeira a chuva não permitiu a continuação dos levantamentos (Figura 9). As imagens utilizadas são as do satélite Skysat, mas a composição colorida utilizada foi 1,2,3 (RGB).

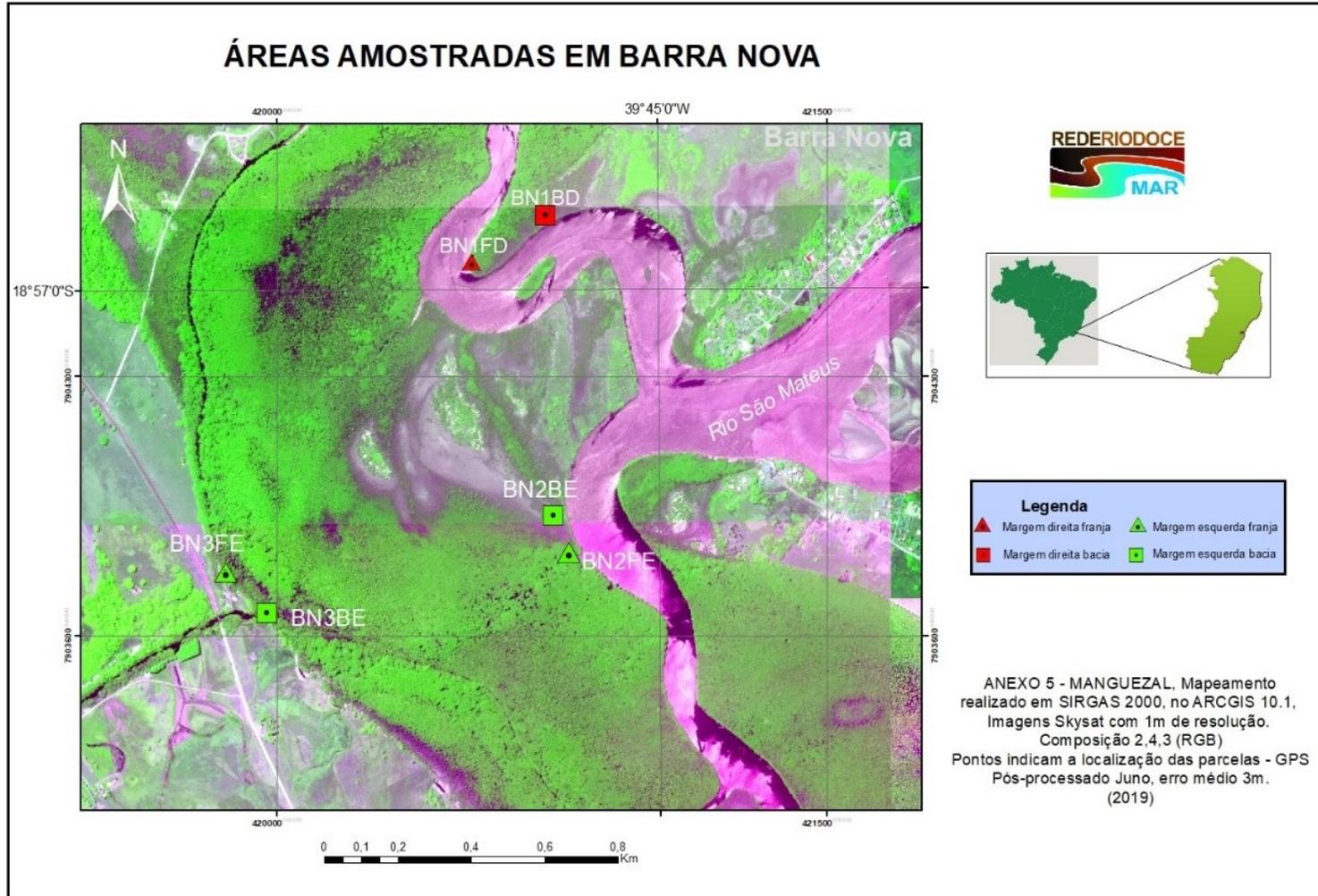
Figura 9: Mapeamento das áreas amostradas na região de Urussuquara.



Fonte: Autoria própria.

O Mapeamento das áreas em Barra Nova ainda não foi concluído, nesta área por razões meteorológicas, não foi possível realizar as medições dos marcos geodésicos. O mapeamento se refere somente as áreas amostradas onde estão localizadas as parcelas de franja e bacia (Figura 10).

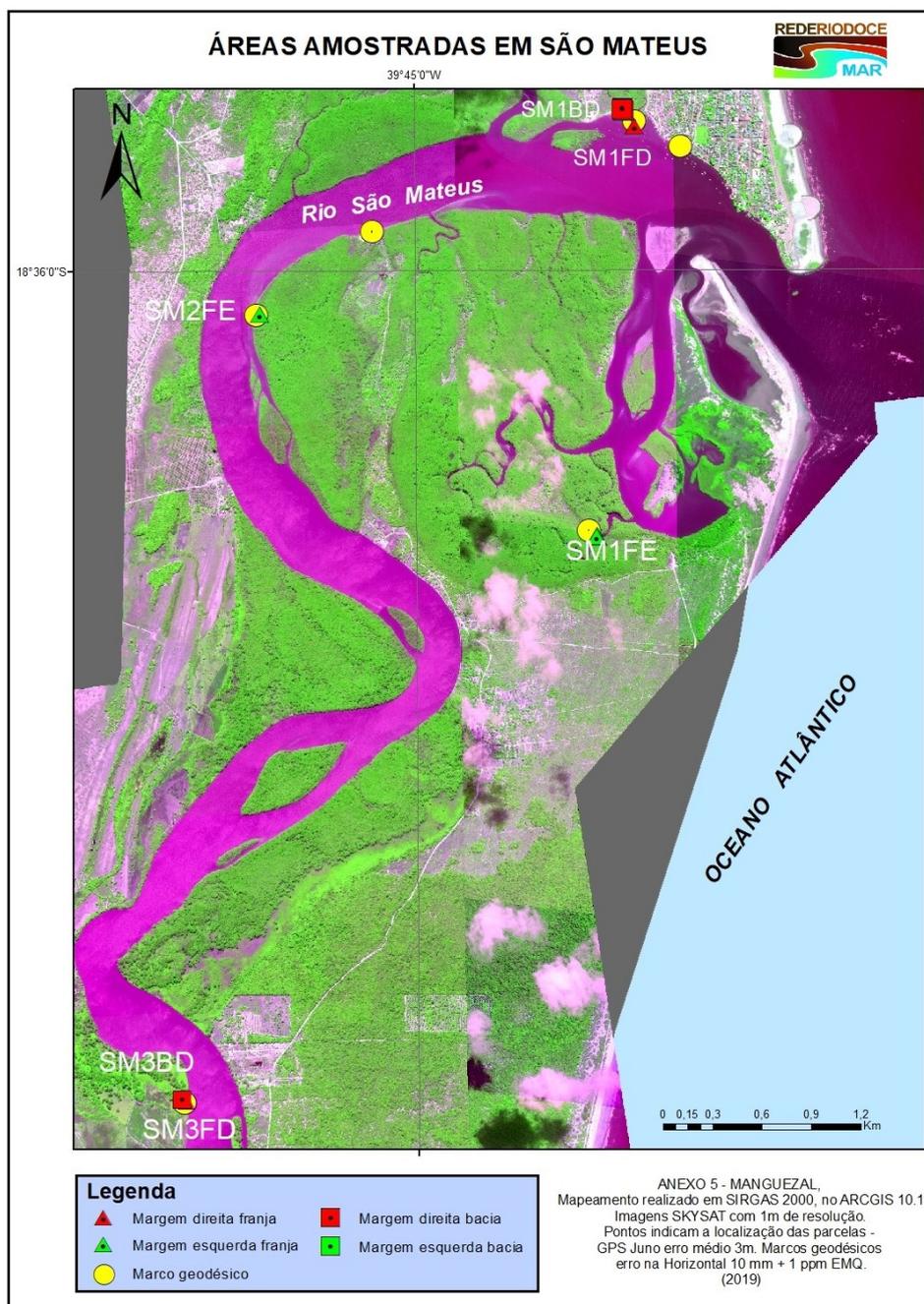
Figura 10: Mapeamento das áreas amostradas na região de Barra Nova.



Fonte: Autoria própria.

O mapeamento para a área de São Mateus ainda não foi concluído, a maré baixa e problemas na drenagem do leito do rio atrasaram os levantamentos no local. A imagem utilizada foi a Skysat com 1m de resolução espacial nas bandas 2,4,3 (RGB), a quantidade de marcos distribuídos foi maior, a área é muito extensa e a vegetação muito alta e frondosa o que afeta o levantamento dos dados (Figura 11).

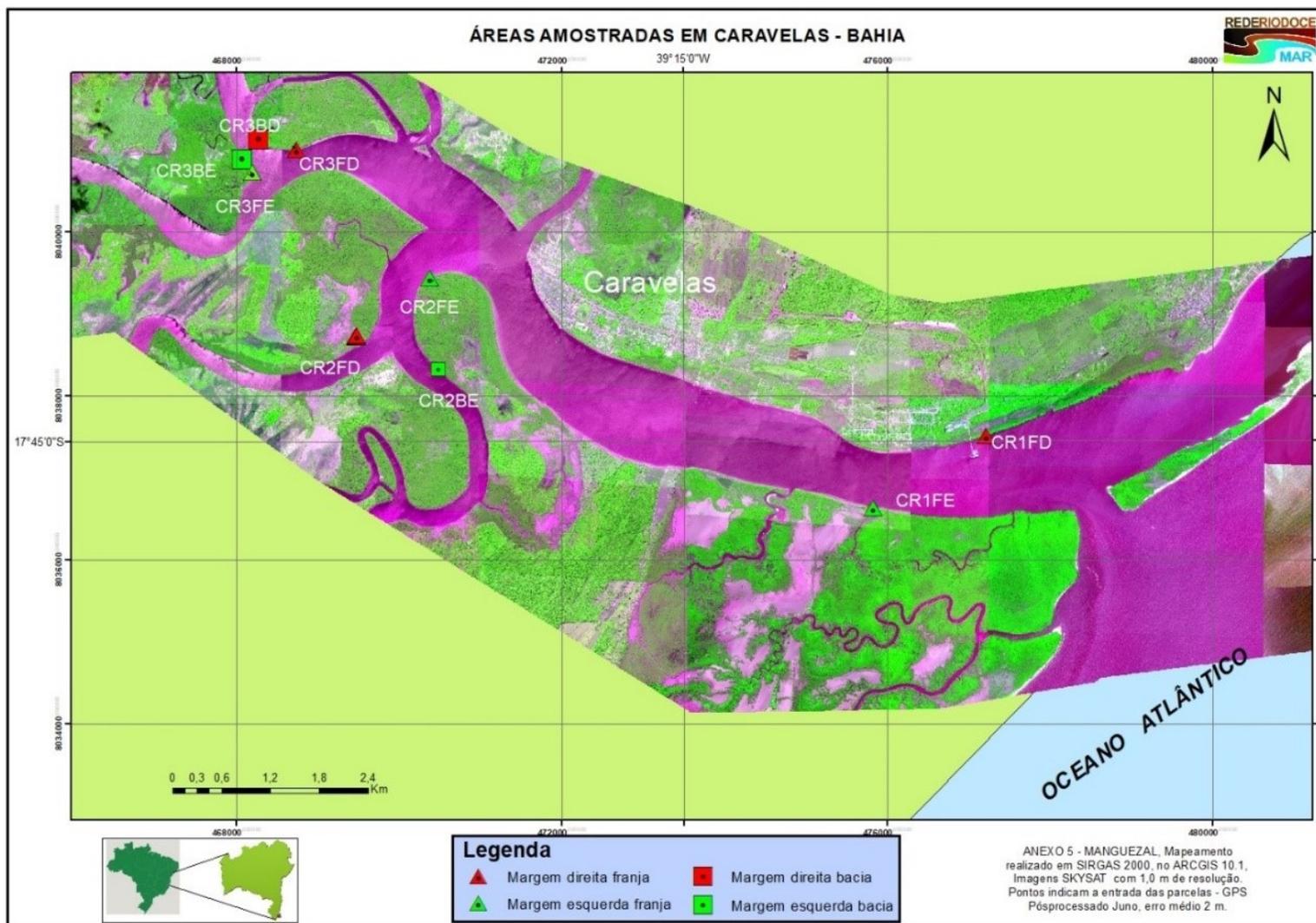
Figura 11: Mapeamento das áreas amostradas na região de São Mateus.



Fonte: Autoria própria

Para a região do sul da Bahia, Caravelas, foi realizado um só campo, neste foram levantadas a localização e entrada das parcelas na maior parte das áreas amostradas. Não foi possível o levantamento de marcos geodésicos na região, mas eles foram fincados na maior parte das áreas (Figura 12).

Figura 12: Mapeamento das áreas amostradas na região de São Mateus.



Fonte: Autoria própria.

2 SUBPROJETO: DINÂMICA FÍSICA ESTUARINA

2.1 OBJETIVO

Monitorar o comportamento hidrodinâmico na região estuarina dos rios São Mateus (Cricaré), Mariricu (Barra Nova) e Piraquê, com finalidade de auxiliar na caracterização do ambiente estudado. Obter dados de fluxos de água, salinidade e temperatura e níveis d'água. Coletar amostras de sedimentos de fundo, nos três estuários, encaminhar para a coordenação do anexo, para análise de metais pesados.

2.2 RESULTADOS E DISCUSSÃO

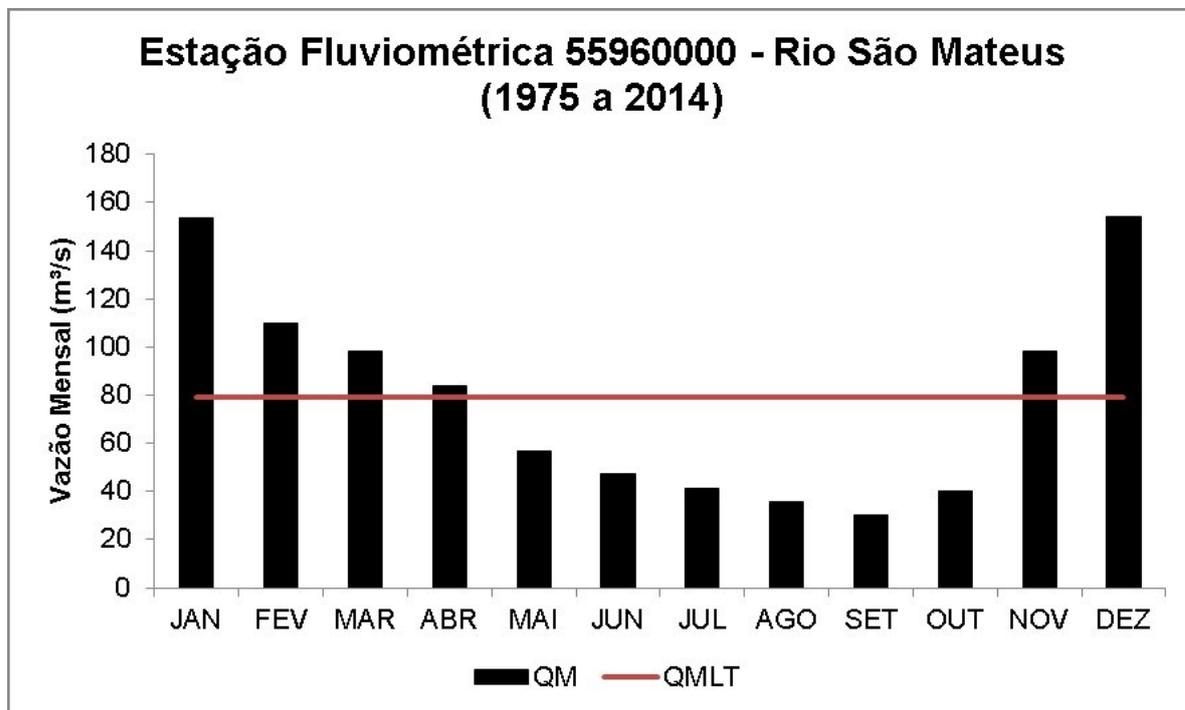
Os resultados obtidos são apresentados separadamente para cada estuário investigado. Em todos foram feitas medições de fluxos de água, salinidade e temperatura e registros de níveis d'água. As estações amostrais foram distribuídas de forma que uma estivesse localizada na foz do estuário e outra mais a montante, de forma a possibilitar inferências sobre a dinâmica estuarina de cada local. O parâmetro nível d'água foi avaliado apenas em uma estação para cada estuário.

As medições de fluxo d'água foram feitas com ADCP (Acoustic Doppler Current Profiler). Níveis d'água foram obtidos com sensores de pressão. Salinidade e temperatura foram medidas *in situ* com sonda multiparâmetros portátil. As medições foram executadas de forma a cobrir um ciclo de maré.

2.2.1 Estuário do rio São Mateus (Cricaré)

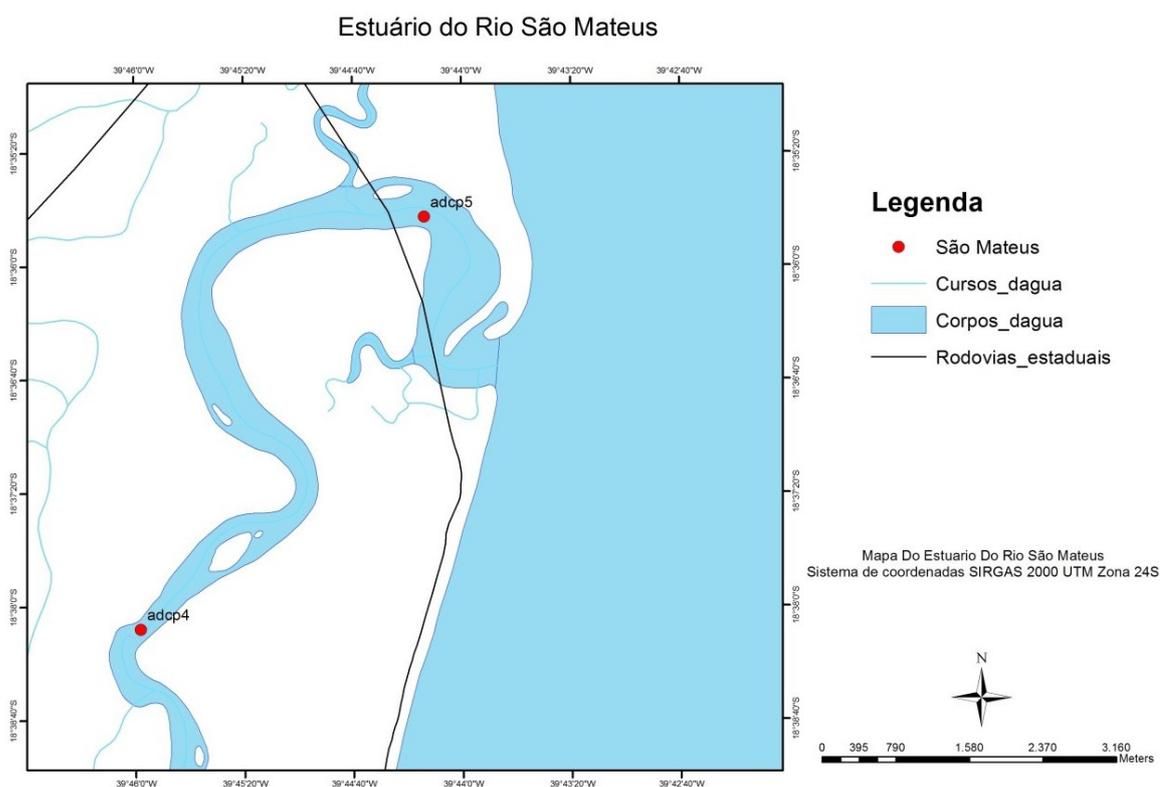
A bacia hidrográfica do rio São Mateus drena uma área de aproximadamente 13.482 km². O regime hidrológico é caracterizado por um período chuvoso (outubro a março) e um período seco (abril a setembro). O posto fluviométrico 55960000 (Boca da Vala), localizada a jusante da confluência dos principais formadores do rio São Mateus, e a 75 km a montante da foz, apresenta dados consistidos de vazões médias mensais (QM) para o período 1975 a 2014 (Figura 13) (ANA, 2019). As máximas vazões médias mensais ocorreram nos meses de janeiro e fevereiro, com valores de 641 m³/s e 557 m³/s, respectivamente. As mínimas vazões médias mensais ocorreram nos meses de setembro e outubro, com valores de 3,4 m³/s e 4,9 m³/s, respectivamente. Para o período de dados disponível, a vazão média mensal de longo termo (QMLT) foi 79 m³/s, sendo 109 m³/s, para o período chuvoso, e 49 m³/s, para o período seco.

Figura 13: Vazões médias mensais do rio São Mateus – Estação Boca da Vala, localizada em São Mateus/ES (a 75 km da foz).



No estuário do rio São Mateus foram estabelecidas duas seções de monitoramento, uma localizada na foz e outra a montante. O mapa da Figura 14 apresenta os locais monitorados.

Figura 14: Mapa com localização dos pontos de monitoramento no estuário do rio São Mateus (Cricaré).



2.2.1.1 Fluxo D'água

No período das medições, os valores máximos de fluxo d'água observados na seção localizada na foz (adcp5) foram 708 m³/s, durante a maré vazante, e 1.073 m³/s, durante a maré enchente de sizígia. Na campanha 5, realizada durante maré de quadratura, os valores máximos de fluxo foram 427 m³/s, maré vazante, e 313 m³/s, maré enchente.

Na seção de montante (adcp4), o valor máximo foi 475 m³/s, na enchente, e 799 m³/s, na vazante para marés de sizígia. Na campanha 5, os valores máximos de fluxo foram 252 m³/s, maré vazante, e 235 m³/s, maré enchente.

A Figura 15 apresenta distribuição de magnitudes de correntes ao logo da seção transversal e da profundidade, medidas na foz do rio São Mateus (adcp5), na Campanha 1.

Figura 15 A a C: Magnitudes de correntes medidas na foz do rio São Mateus, com uso de adcp, na Campanha 1. (a) baixamar; (b) enchente; (c) vazante.

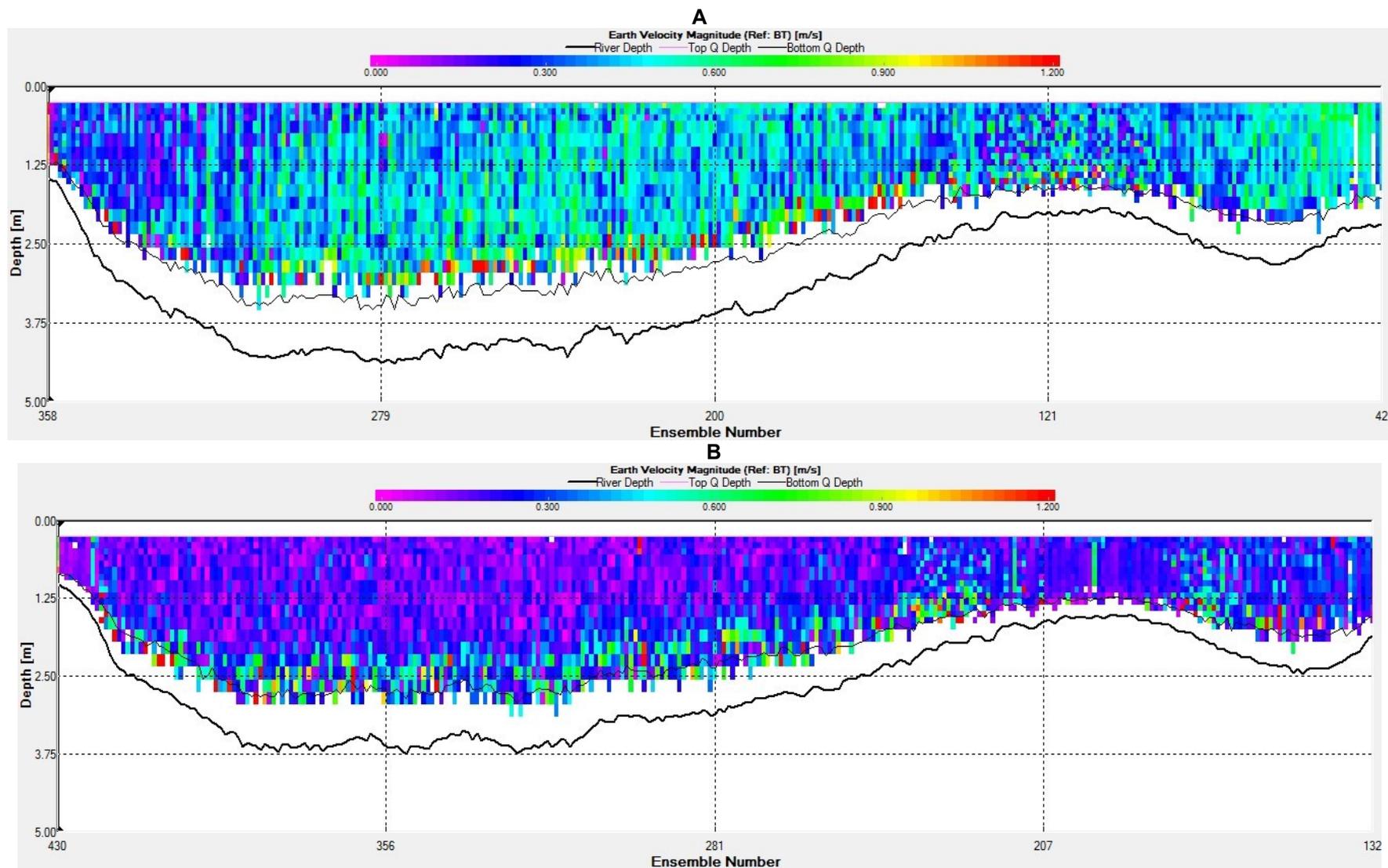
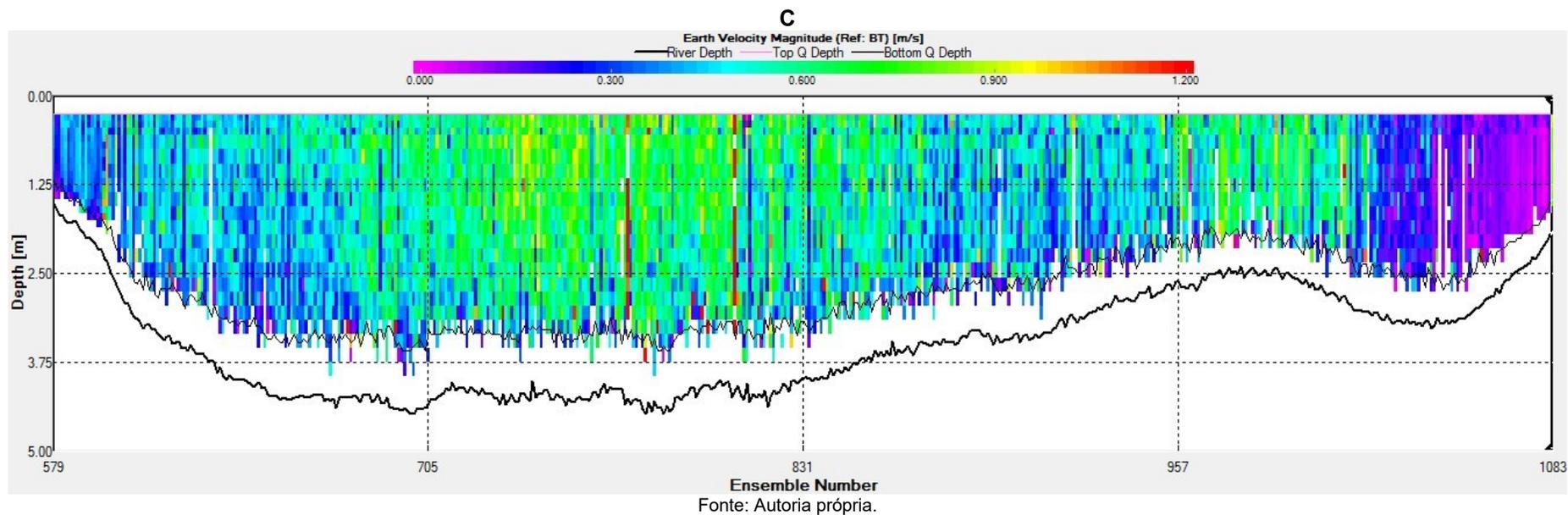
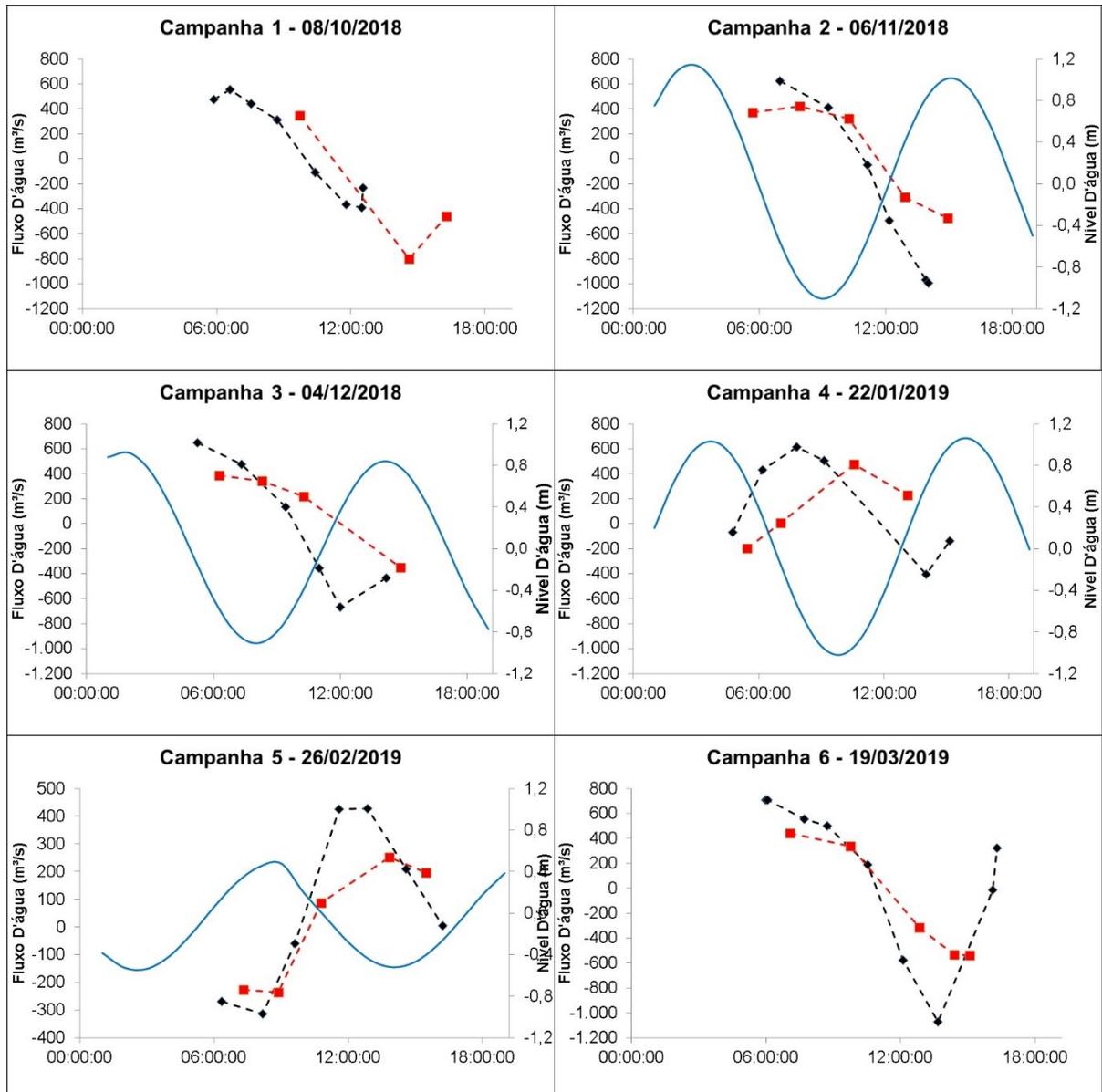


Figura 15 A a C: Magnitudes de correntes medidas na foz do rio São Mateus, com uso de adcp, na Campanha 1. (a) baixamar; (b) enchente; (c) vazante. Continuação.



A Figura 16 apresenta resultados de fluxos d'água e variações de níveis d'água durante os monitoramentos.

Figura 16: Fluxos d'água medidos no estuário do rio São Mateus (Cricaré) em relação às variações dos níveis d'água. Valores positivos de fluxo indicam escoamento para jusante, valores negativos de fluxo indicam escoamento para montante.



Fonte: Autoria própria.

2.2.1.2 Salinidade e Temperatura

Considerando a distribuição espacial da salinidade, observou-se um gradiente horizontal entre o ponto localizado na foz (adcp5) e o ponto localizado a montante (adcp4), que apresentou, em geral, água mais quente e presença de água doce ou salobra.

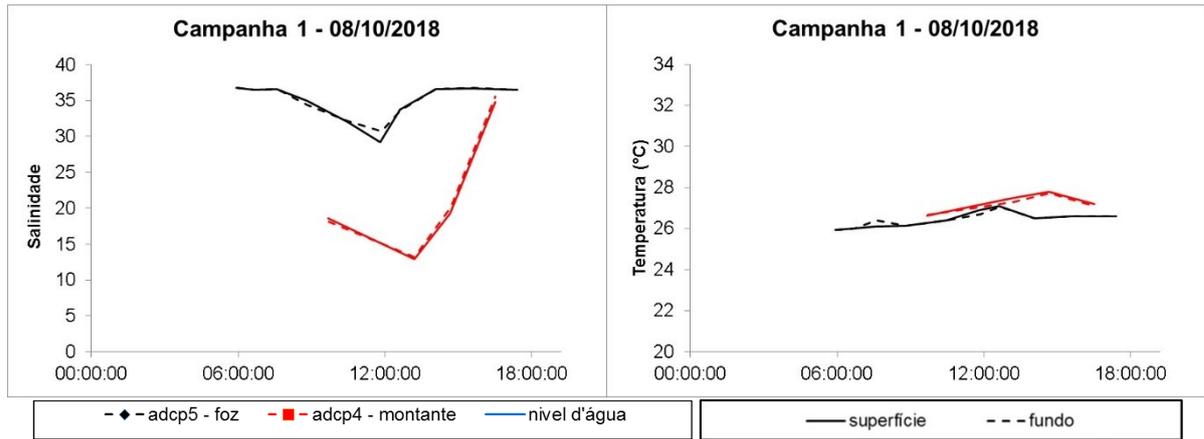
Conforme dados de salinidade obtidos até o momento, o ponto localizado na foz (adcp1) apresentou águas bem misturadas na coluna d'água, nas campanhas realizadas em condições de marés de sizígia.

Na maré de quadratura, campanha 5, ocorreu estratificação entre superfície e fundo, durante a maré vazante, devido à influência de água doce oriunda do rio.

No ponto de montante (adcp4), em geral, não houve estratificação entre superfície e fundo.

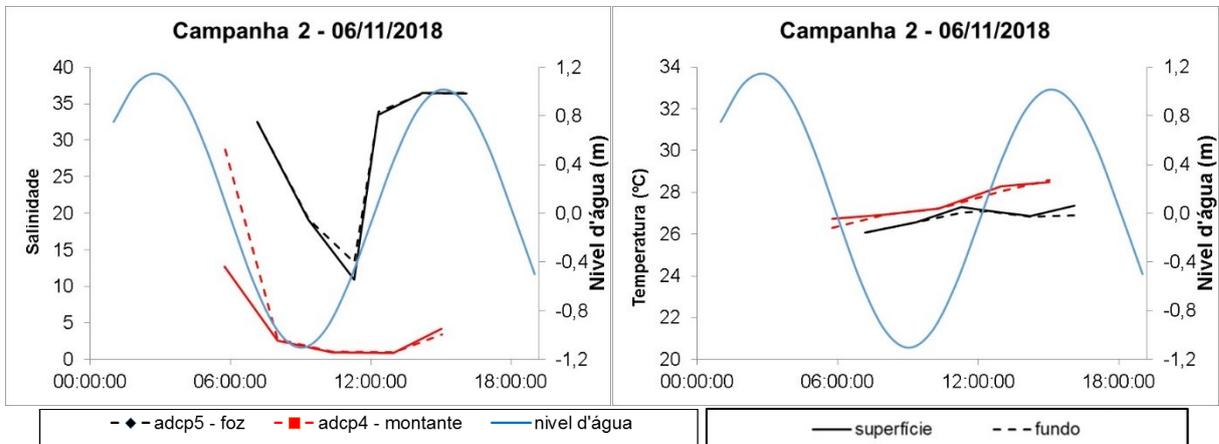
Os gráficos de salinidade e temperatura são apresentados da Figura 17 à Figura 22.

Figura 17: Salinidade e temperatura medidos no estuário do rio São Mateus (Cricaré), durante a Campanha 1.



Fonte: Autoria própria.

Figura 18: Salinidade, temperatura e nível d'água medidos no estuário do rio São Mateus (Cricaré), durante a Campanha 2.



Fonte: Autoria própria.

Figura 19: Salinidade, temperatura e nível d'água medidos no estuário do rio São Mateus (Cricaré), durante a Campanha 3.

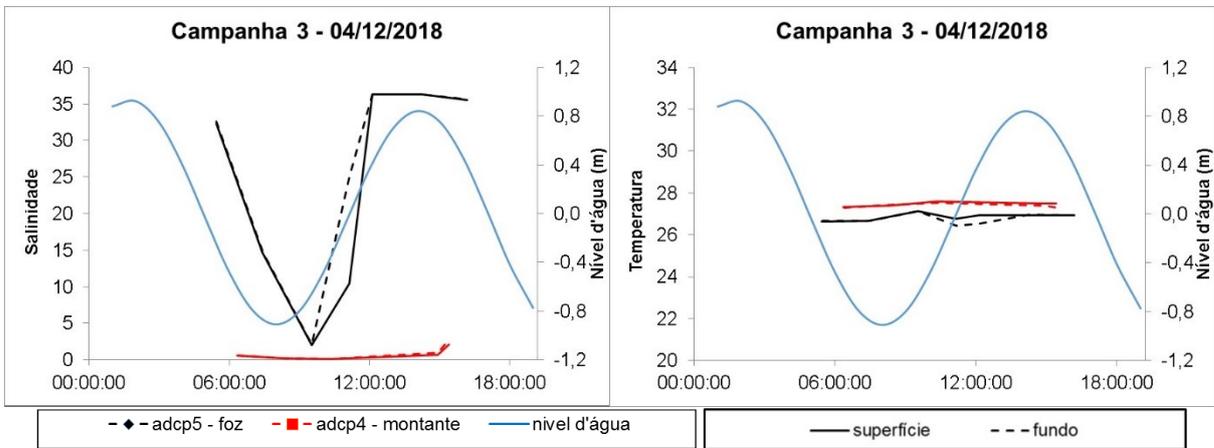


Figura 20: Salinidade, temperatura e nível d'água medidos no estuário do rio São Mateus (Cricaré), durante a Campanha 4.

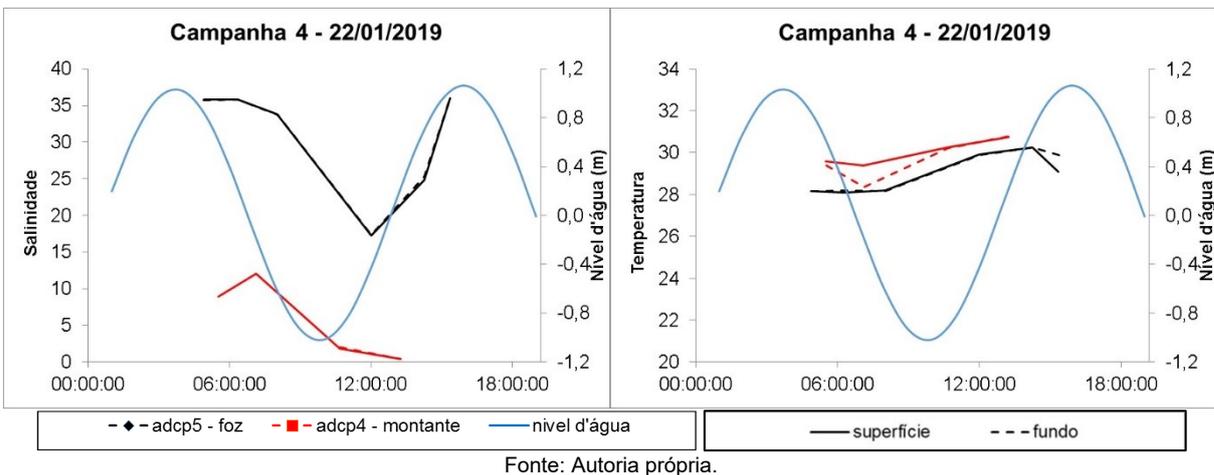


Figura 21: Salinidade, temperatura e nível d'água medidos no estuário do rio São Mateus (Cricaré), durante a Campanha 5.

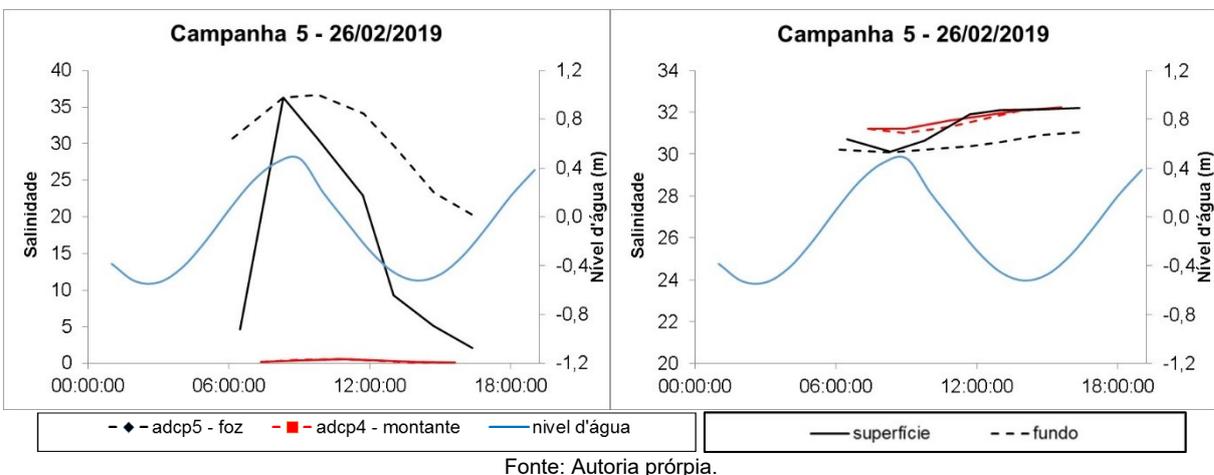
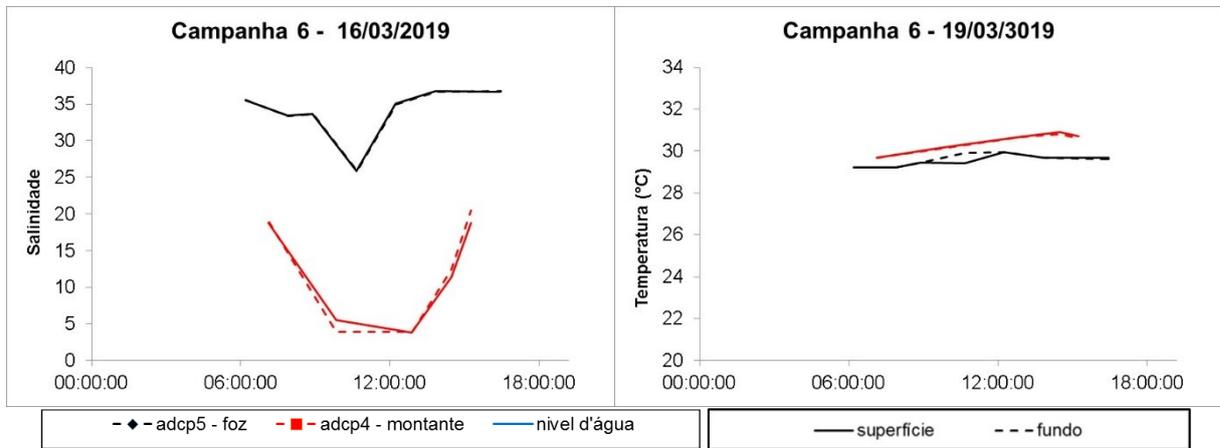


Figura 22: Salinidade e temperatura medidos no estuário do rio São Mateus (Cricaré), durante a Campanha 6.



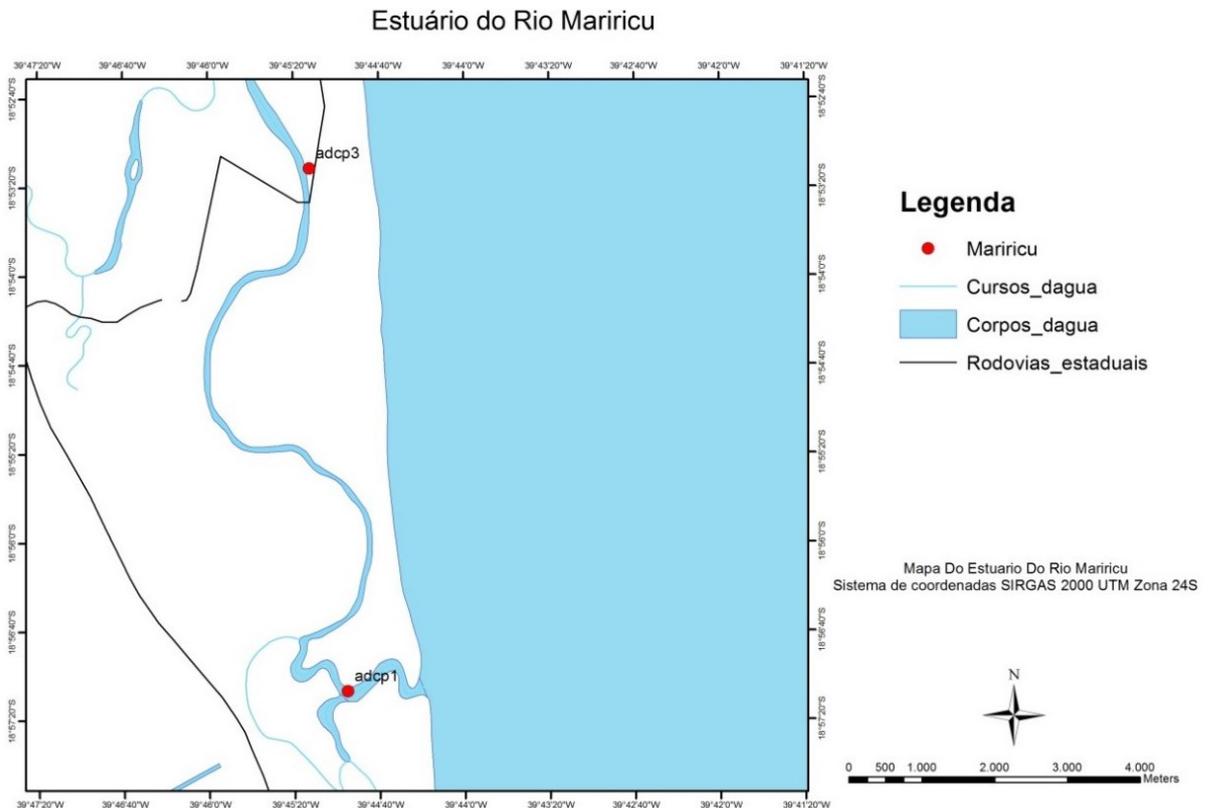
Fonte: Autoria própria.

2.2.2 Estuário do rio Mariricu (Barra Nova)

Durante a primeira campanha, outubro/2018, foram estabelecidas duas seções de monitoramento, uma localizada na foz e outra mais a montante. A partir da segunda campanha, o ponto de montante foi alterado para mais a montante, conforme apresentado no mapa da Figura 23.

A campanha 6, relativa ao mês de março de 2019, não foi feita neste estuário por motivo de falta de embarcação para realização o monitoramento.

Figura 23: Mapa com localização dos pontos de monitoramento no estuário do rio Mariricu (Barra Nova).



Fonte: Autoria própria.

2.2.2.1 Fluxo D'água

O rio Mariricu é um corpo d'água cuja hidrodinâmica está sujeita à influência de maré, na sua foz junto ao mar, extremidade sul, e sujeita às influências de maré e/ou vazões do rio São Mateus, em sua extremidade norte.

No período das medições, os valores máximos de fluxo d'água observados na seção localizada na foz (adcp1) foram 100 m³/s, durante a maré vazante, e 189 m³/s, durante a maré enchente de sizígia.

Na seção de montante (adcp3), o valor máximo foi em torno de 38 m³/s, para marés enchente e vazante de sizígia. Nessa seção, os dados de fluxo negativos indicam que o fluxo está em direção ao rio São Mateus.

Na campanha 5, realizada durante maré de quadratura, os valores máximos de fluxo foram 62 m³/s, maré vazante, e 41 m³/s, maré enchente, no ponto localizado na foz. No ponto de montante (adcp3) os valores foram, respectivamente, 29 m³/s e 18 m³/s, para marés de vazante e enchente.

A Figura 24 apresenta distribuição de magnitudes de correntes ao logo da seção transversal e da profundidade na foz do rio Mariricu (adcp1), na Campanha 5.

Figura 24A a C: Magnitudes de correntes medidas na foz do rio Marirucu, com uso de adcp, na Campanha 5. (a) preamar; (b) enchente; (c) vazante.

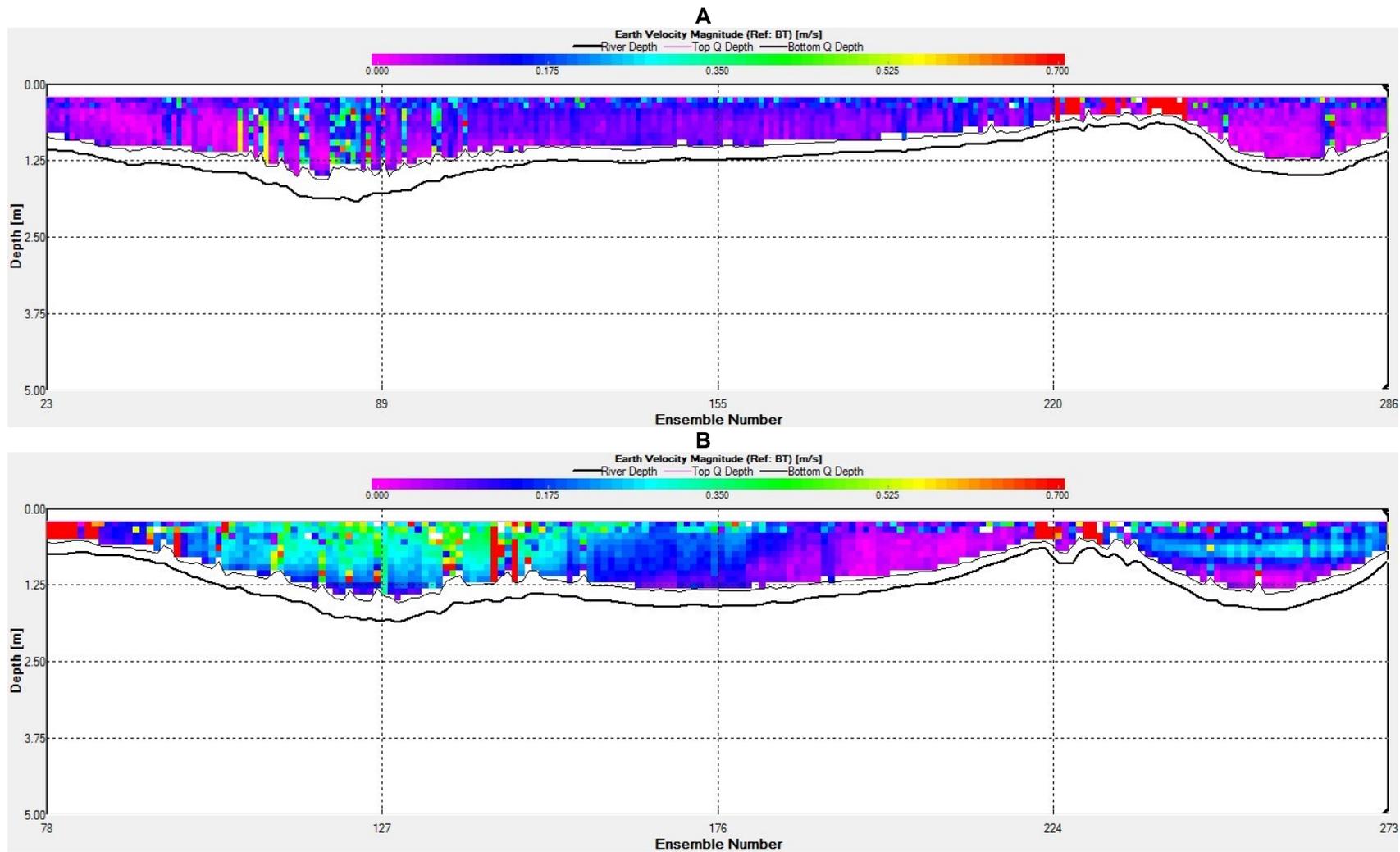
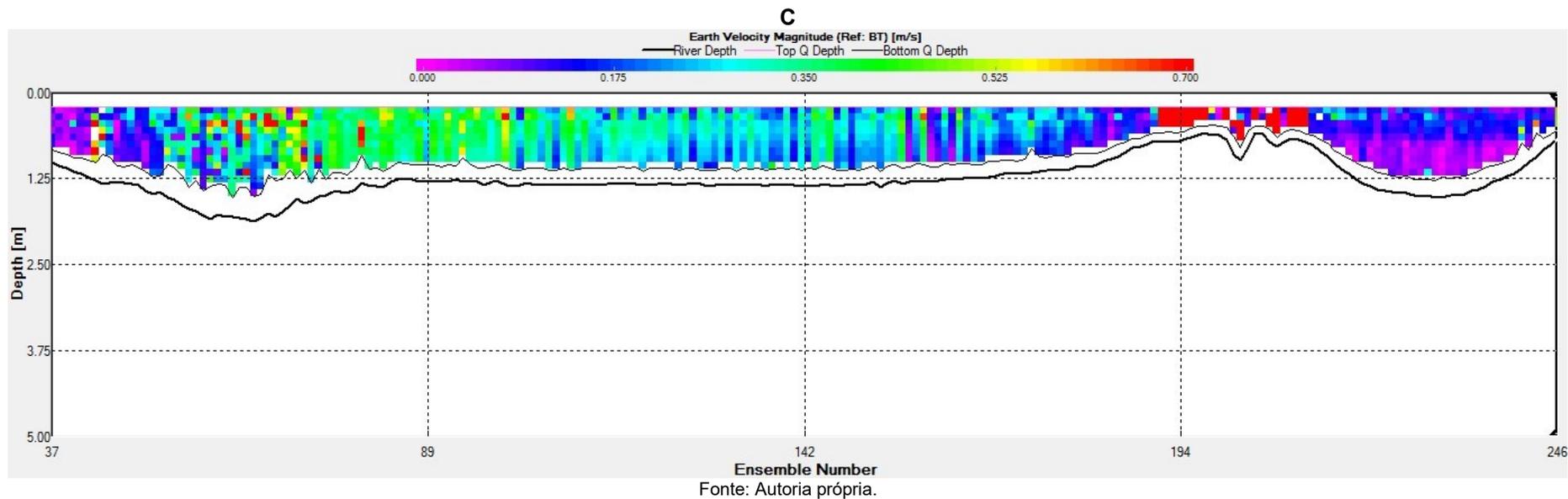
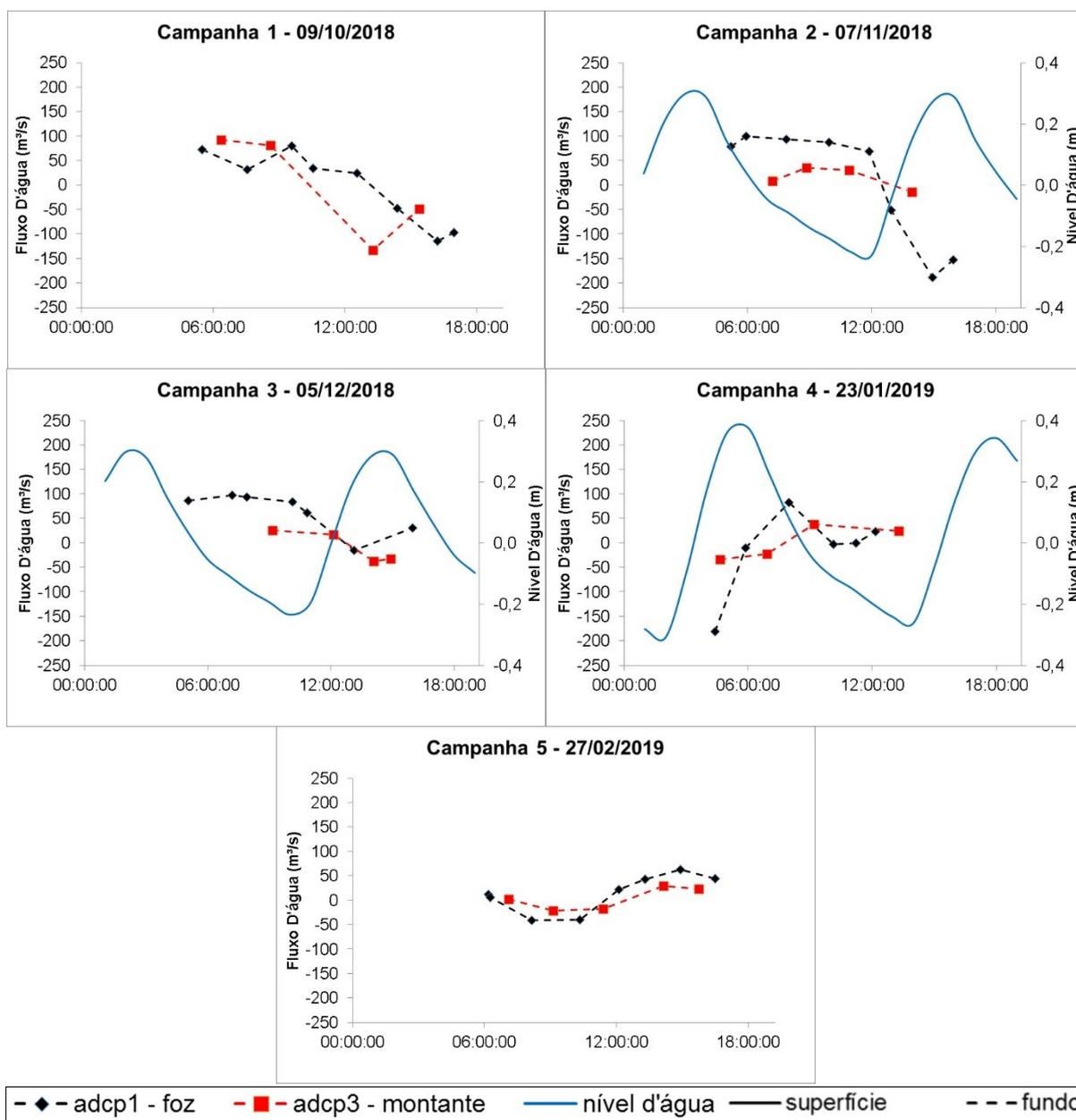


Figura 24A a C: Magnitudes de correntes medidas na foz do rio Mariricu, com uso de adcp, na Campanha 5. (a) preamar; (b) enchente; (c) vazante. Continuação.



A Figura 25 apresenta os resultados de fluxo d'água e variações de níveis d'água durante os monitoramentos.

Figura 25: Fluxos d'água medidos no estuário do rio Mariricu (Barra Nova) em relação às variações dos níveis d'água. Valores positivos de fluxo indicam escoamento para jusante, valores negativos de fluxo indicam escoamento para montante.



Fonte: Autoria própria.

2.2.2.2 Salinidade e Temperatura

Considerando a distribuição espacial da salinidade, observou-se gradiente horizontal entre os pontos, com exceção da campanha de outubro, cuja localização da seção de montante estava mais próxima à foz (Figura 26). Após essa campanha foi possível navegar mais para o interior do rio, sendo estabelecida nova seção de medição de montante.

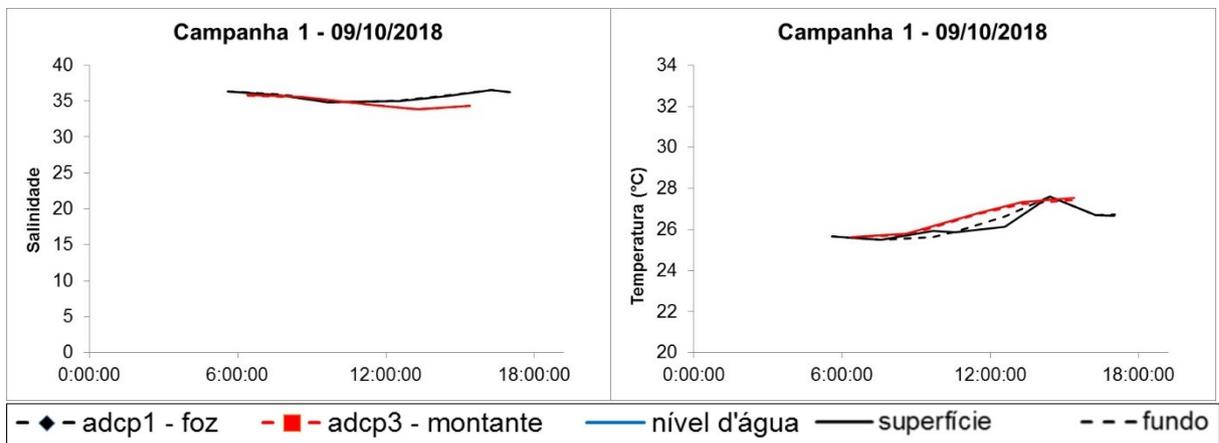
Conforme dados de salinidade obtidos até o momento, ocorreram variações deste parâmetro ao longo da coluna d'água nos dois pontos, sendo que o ponto localizado na foz apresentou maiores variações.

No ponto localizado na foz, adcp1, a maior variação observada ocorreu no mês de dezembro/2019, devido à influência de água doce oriunda do rio São Mateus. Nesta mesma campanha, o ponto de montante apresentou água salobra, sem variação ao longo da coluna d'água.

No ponto de montante, adcp3, embora também tenham ocorrido variações ao longo da coluna d'água, estas foram menos frequentes.

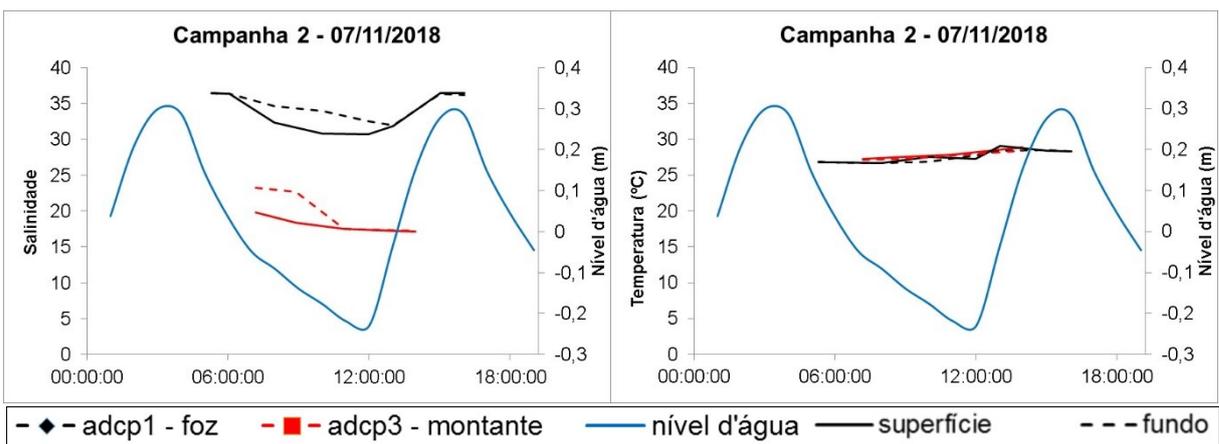
Os gráficos de salinidade e temperatura são apresentados da Figura 26 à Figura 30.

Figura 26: Salinidade e temperatura medidos no estuário do rio Mariricu (Barra Nova), durante a Campanha 1.



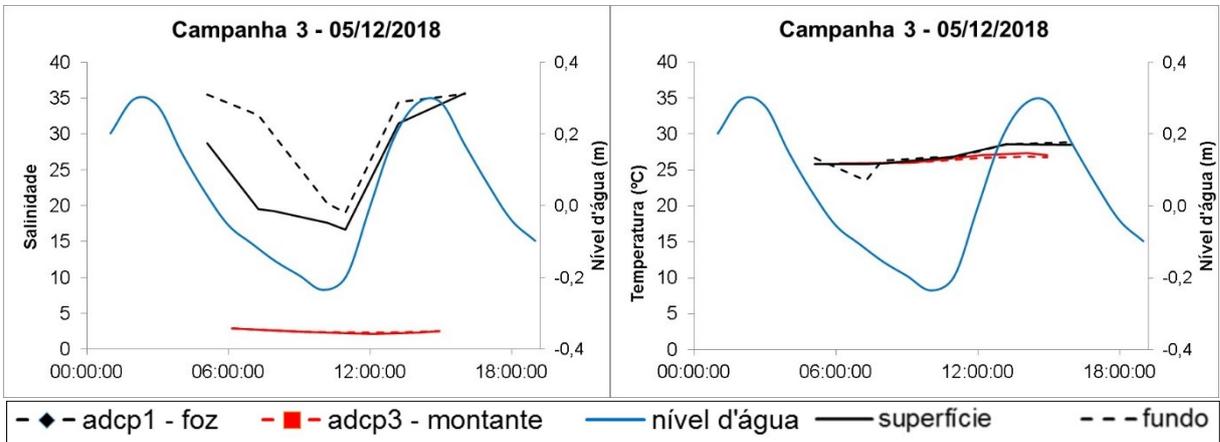
Fonte: Autoria própria.

Figura 27: Salinidade, temperatura e nível d'água medidos no estuário do rio Mariricu (Barra Nova), durante a Campanha 2.



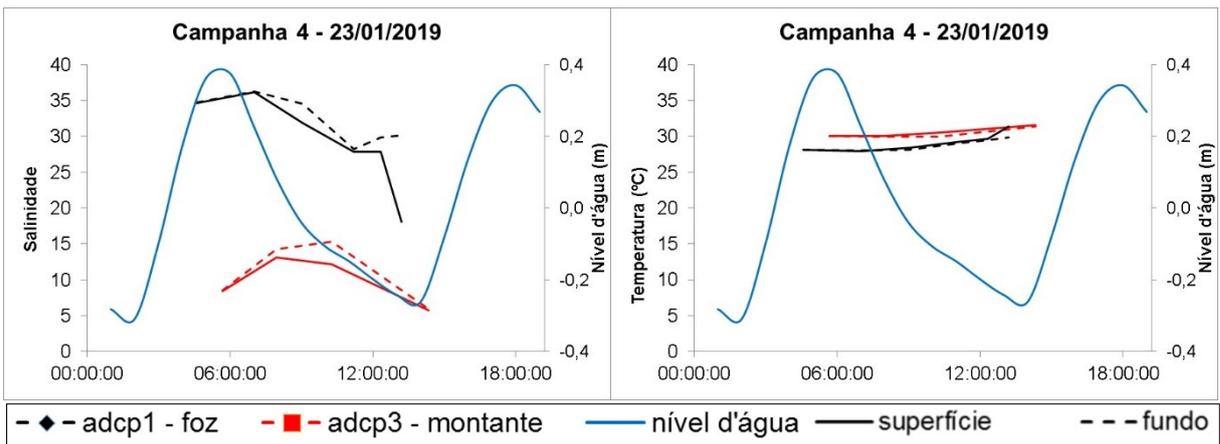
Fonte: Autoria própria.

Figura 28: Valores de salinidade, temperatura e nível d'água medidos no estuário do rio Mariricu (Barra Nova), durante a Campanha 3.



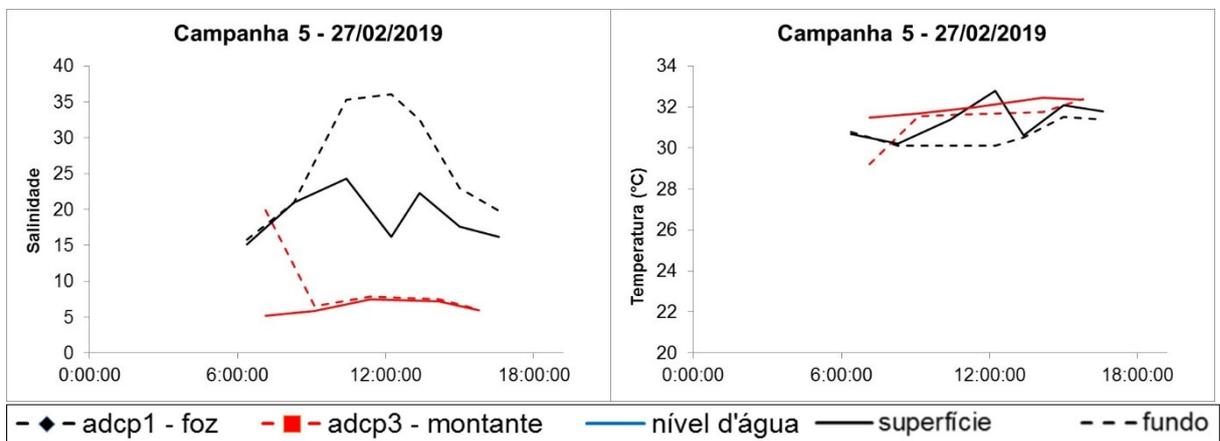
Fonte: Autoria própria.

Figura 29: Valores de salinidade, temperatura e nível d'água medidos no estuário do rio Mariricu (Barra Nova), durante a Campanha 4.



Fonte: Autoria própria.

Figura 30: Valores de salinidade e temperatura medidos no estuário do rio Mariricu (Barra Nova), durante a Campanha 5 (maré de quadratura).

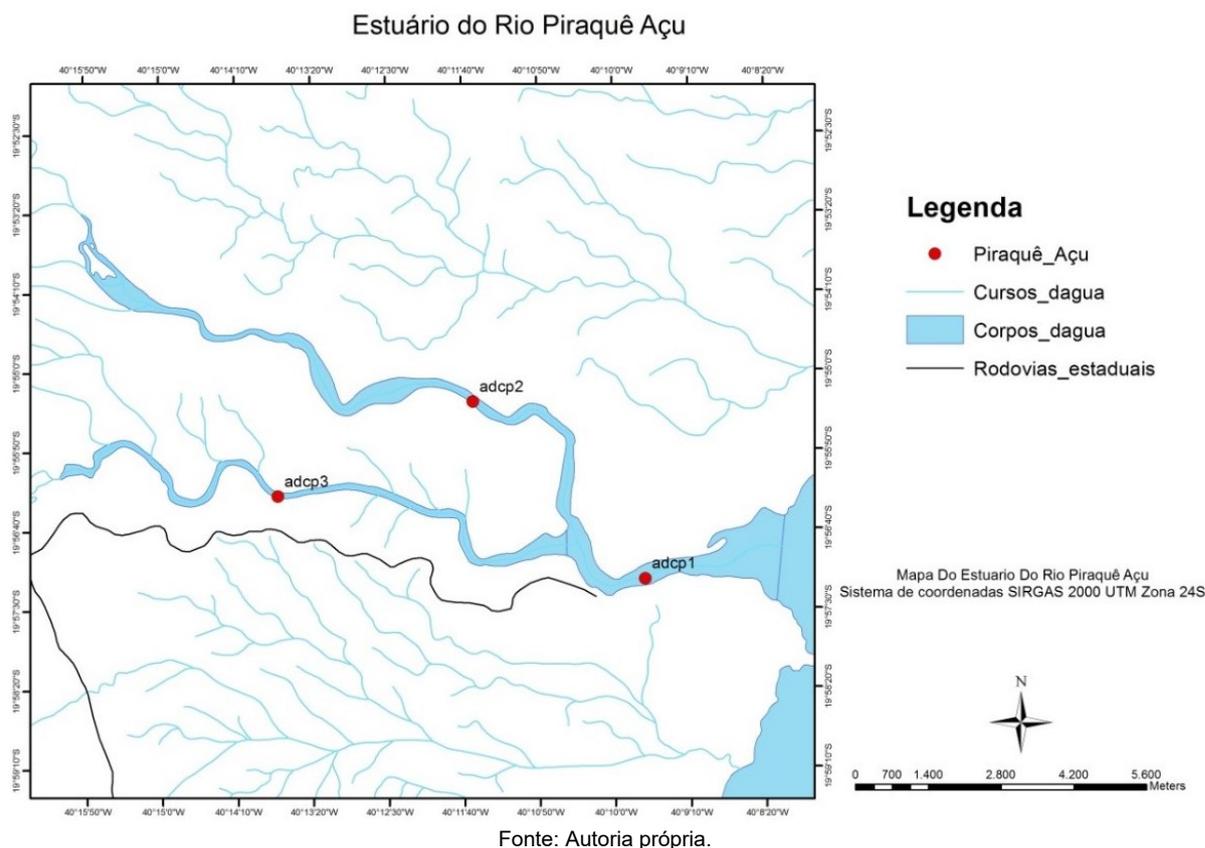


Fonte: Autoria própria.

2.2.3 Estuário do rio Piraquê

No estuário do rio Piraquê foram estabelecidas três seções de monitoramento, uma localizada na foz (adcp1), uma no braço norte, Piraquê Açú (adcp2) e outra no braço sul, Piraquê Mirim (adcp3). O mapa da Figura 31 apresenta os locais monitorados.

Figura 31: Mapa com localização dos pontos de monitoramento no estuário do rio Piraquê.



2.2.3.1 Fluxo D'água

No período monitorado, os pontos monitorados no estuário do rio Piraquê (adcp1) apresentaram fluxos de vazante com magnitudes superiores aos de enchente. Nos pontos adcp2 (Açú) e adcp3 (Mirim), localizados a montante da foz, ocorreu inversão de sentido de fluxo conforme variação de marés.

Para o ponto adcp1, as vazões médias de vazante e enchente, considerando todas as medições foram $561 \text{ m}^3/\text{s}$ e $480 \text{ m}^3/\text{s}$, respectivamente. No ponto adcp2 esses valores médios foram $226 \text{ m}^3/\text{s}$, para maré vazante, e $165 \text{ m}^3/\text{s}$, para maré enchente. O ponto adcp3 apresentou medias em torno de $135 \text{ m}^3/\text{s}$, para as duas condições de maré.

No período das medições, os valores máximos de fluxo d'água observados na seção localizada na foz (adcp1) foram $1250 \text{ m}^3/\text{s}$, durante a maré vazante, e $1060 \text{ m}^3/\text{s}$, durante a maré enchente de sizígia. Na maré de quadratura, campanha 5, os valores de fluxos foram $272 \text{ m}^3/\text{s}$, durante a maré vazante, e $203 \text{ m}^3/\text{s}$, durante a maré enchente.

No ponto adcp2 (Açu) os valores máximos de fluxo d'água observados foram 510 m³/s, durante a maré vazante, e 372 m³/s, durante a maré enchente de sizígia. Na maré de quadratura os valores de fluxos foram 84 m³/s, durante a maré vazante, e 69 m³/s, durante a maré enchente.

No ponto adcp3 (Mirim) os valores máximos de fluxo d'água observados foram 306 m³/s, durante a maré vazante, e 254 m³/s, durante a maré enchente de sizígia. Na maré de quadratura os valores de fluxos foram 55 m³/s, durante a maré vazante, e 79 m³/s, durante a maré enchente.

A Figura 32 apresenta distribuição de magnitudes de correntes ao longo da seção transversal e da profundidade na foz do rio Piraquê (adcp1), na Campanha 6.

Figura 32A a C: Magnitudes de correntes medidas na foz do rio Piraquê, com uso de adcp, na Campanha 6. (a) vazante; (b) enchente; (c) preamar.

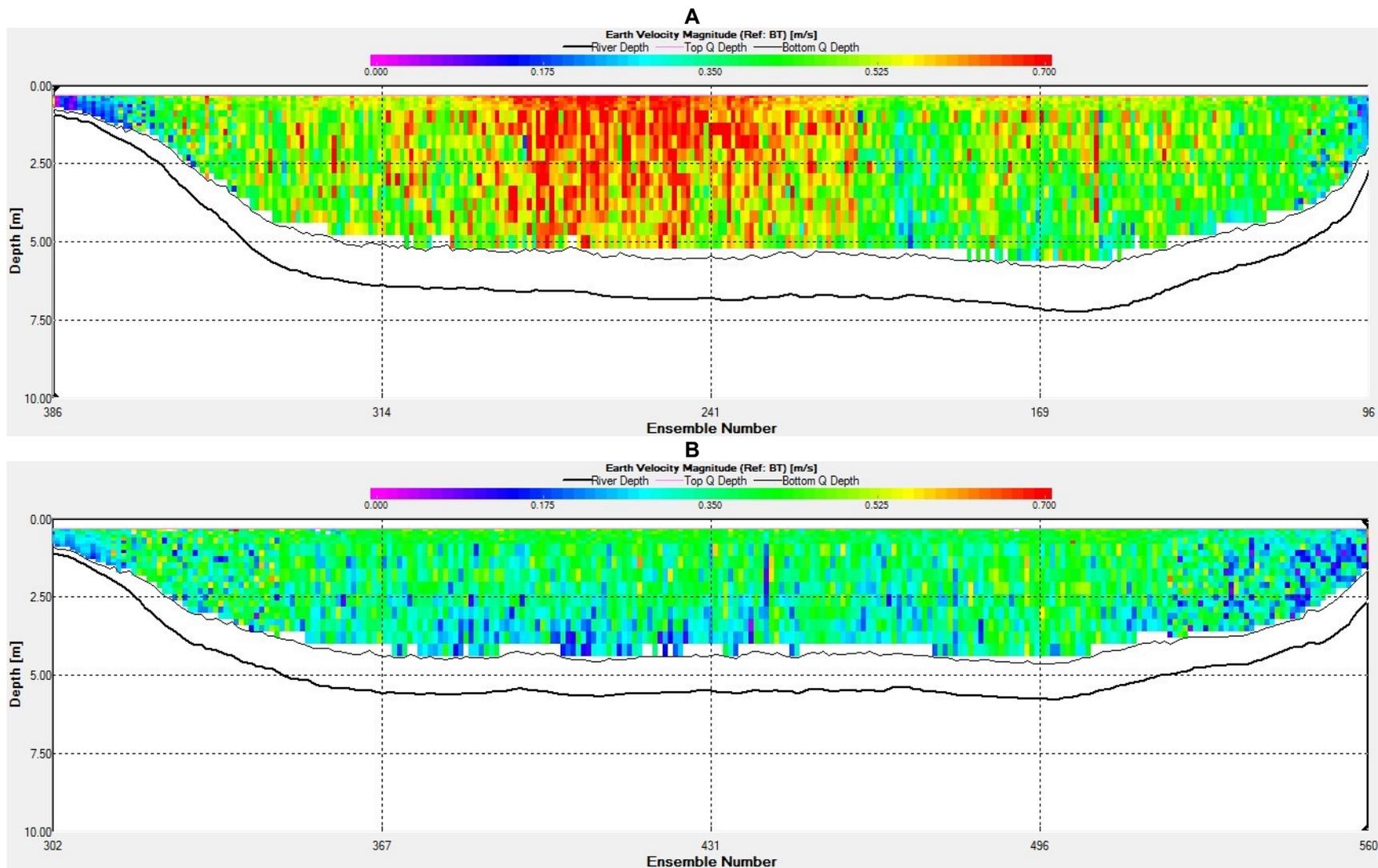
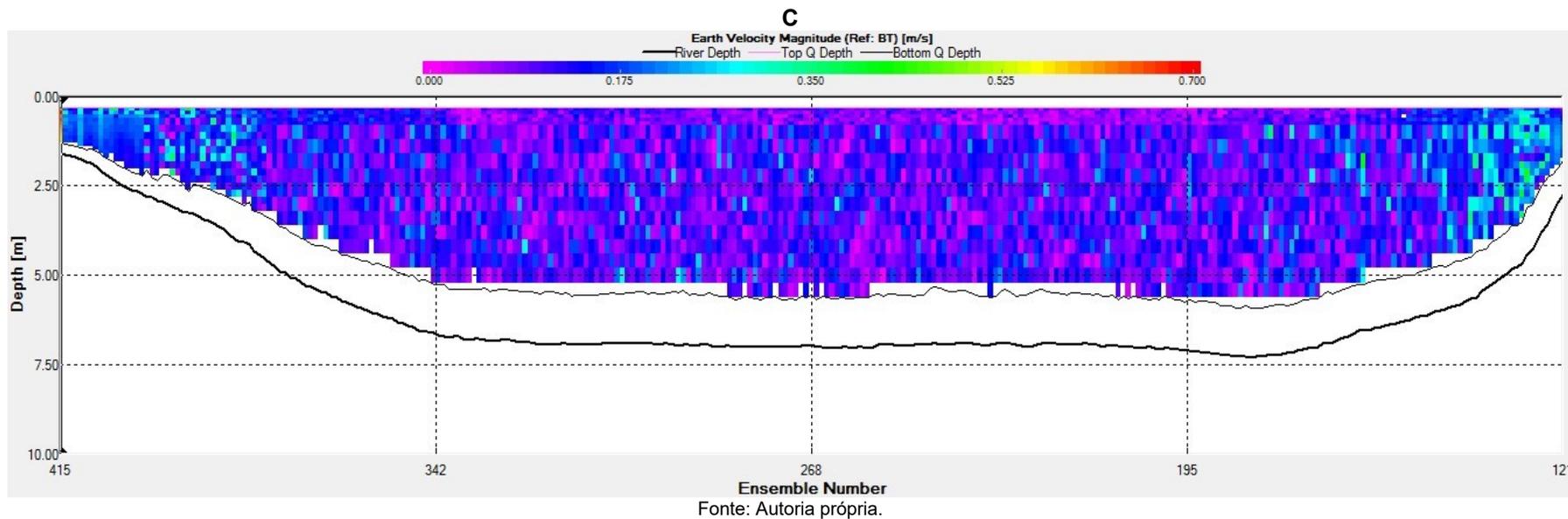
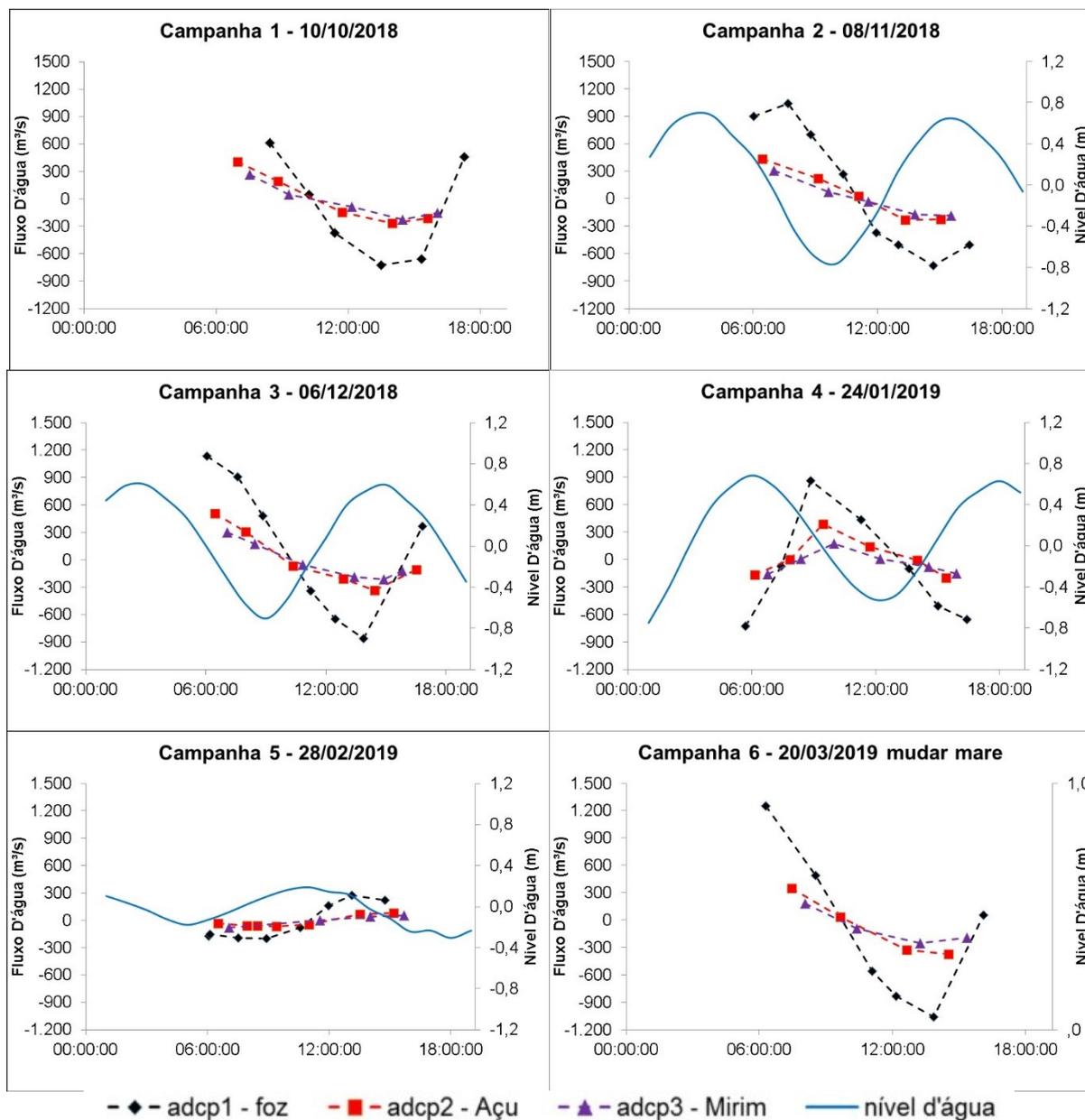


Figura 32A a C: Magnitudes de correntes medidas na foz do rio Piraquê, com uso de adcp, na Campanha 6. (a) vazante; (b) enchente; (c) preamar.



A Figura 33 apresenta os resultados de fluxos d'água e variações de níveis d'água durante os monitoramentos.

Figura 33: Fluxos d'água medidos no estuário do rio Piraquê em relação às variações dos níveis d'água. Valores positivos de fluxo indicam escoamento para jusante, valores negativos de fluxo indicam escoamento para montante.



Fonte: Autoria própria.

2.2.3.2 Salinidade e Temperatura

Os dados de salinidade e temperatura medidos na foz (adcp1) não apresentaram estratificação entre superfície e fundo, na maior parte das campanhas. Apenas na campanha 5, maré de quadratura, foi observada variação mais acentuada destes parâmetros na coluna d'água. Padrão semelhante foi observado nos pontos adcp2 (Açú) e adcp3 (Mirim), porém estes apresentaram águas mais quentes.

Considerando a distribuição espacial dos parâmetros, observou-se, na maior parte das campanhas, gradiente horizontal entre os pontos localizados a montante e o ponto localizado na foz. Os gráficos de salinidade e temperatura são apresentados na Figura 34 a Figura 39.

Figura 34: Salinidade e temperatura medidos no estuário do rio Piraquê, durante a Campanha 1.

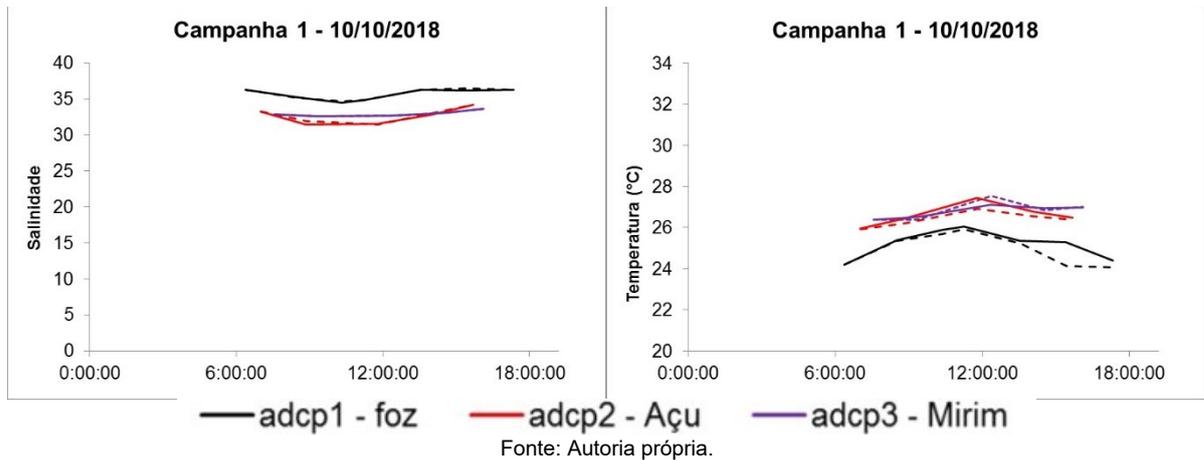


Figura 35: Salinidade, temperatura e nível d'água medidos no estuário do rio Piraquê, durante a Campanha 2.

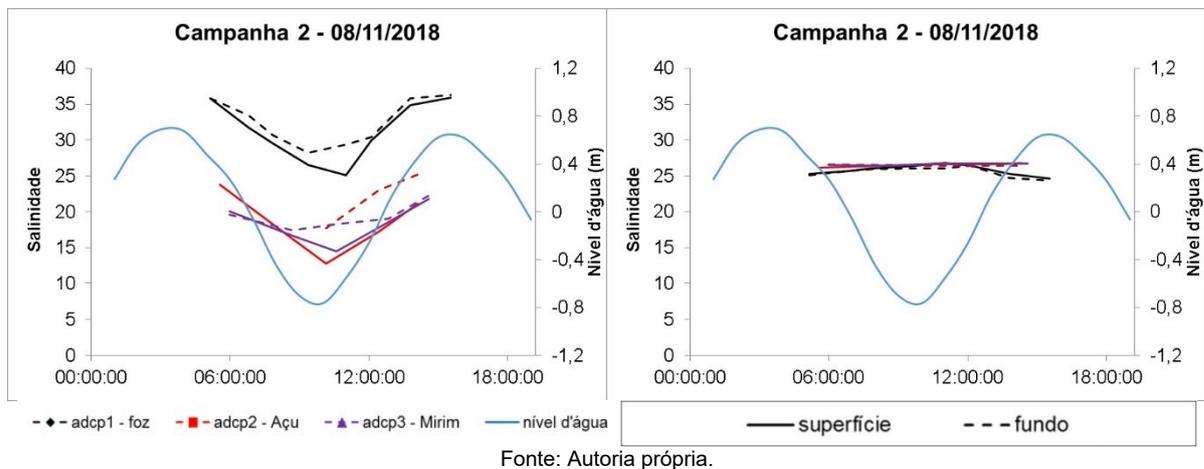


Figura 36: Salinidade, temperatura e nível d'água medidos no estuário do rio Piraquê, durante a Campanha 3.

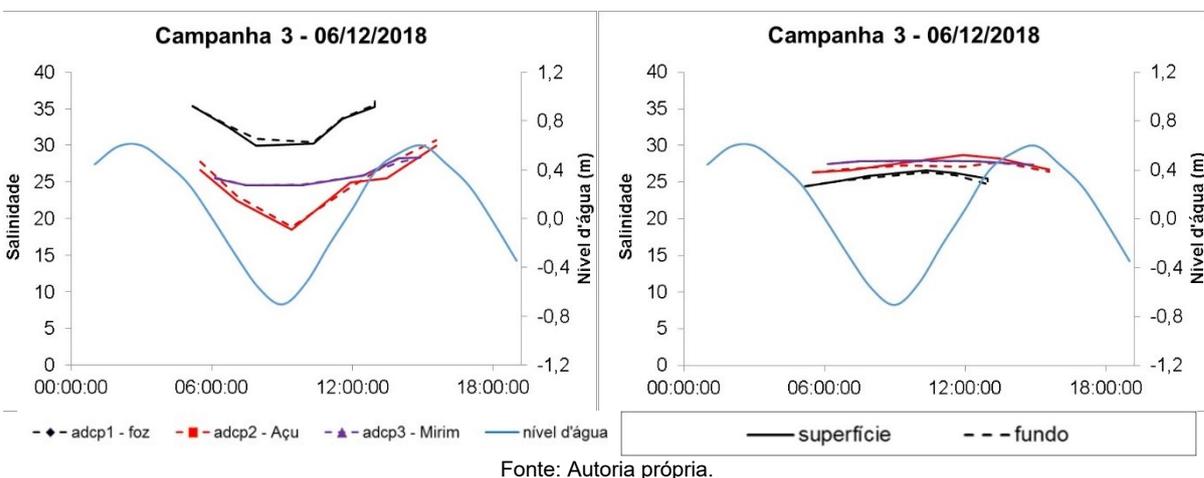
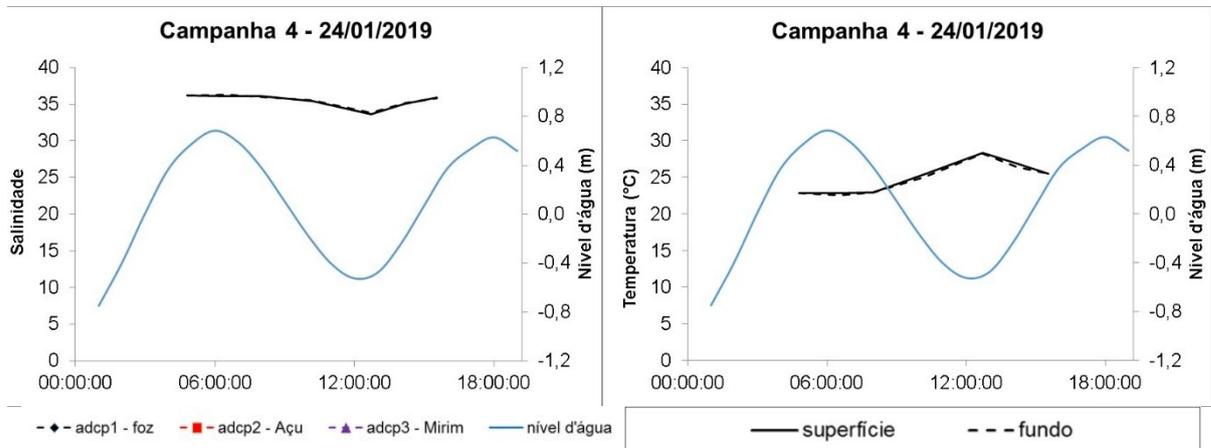
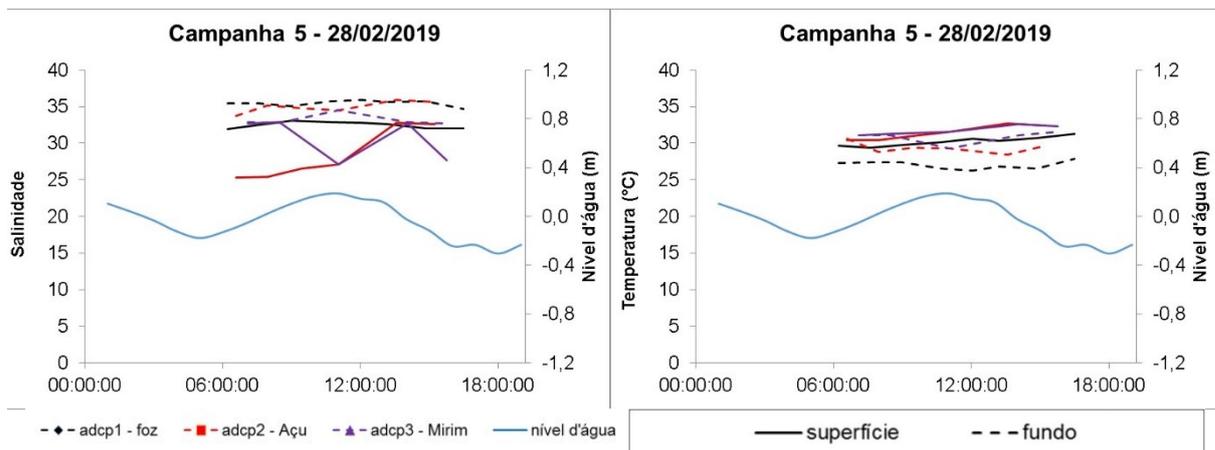


Figura 37: Salinidade, temperatura e nível d'água medidos no estuário do rio Piraquê, durante a Campanha 4.



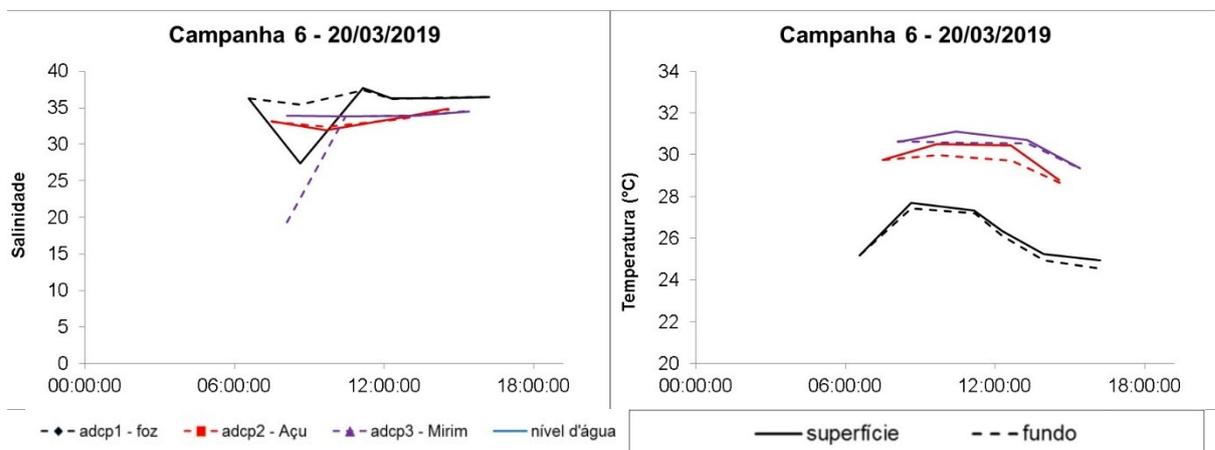
Fonte: Autoria própria.

Figura 38: Salinidade, temperatura e nível d'água medidos no estuário do rio Piraquê, durante a Campanha 5.



Fonte: Autoria própria.

Figura 39: Valores de salinidade e temperatura medidas no estuário do rio Piraquê, durante a Campanha 6 (maré de sizígia).



Fonte: Autoria própria.

2.3 CONCLUSÃO

As metodologias empregadas no monitoramento da dinâmica estuarina têm permitido melhor compreensão sobre a circulação nos estuários monitorados. Recomenda-se a continuidade do monitoramento, para que se possa avaliar outras situações de vazão fluvial e marés em cada estuário.

Contudo, alguns aspectos devem ser mais detalhados (frequência e alcance da inundação da maré, capacidade de transporte de sedimentos, etc) a fim de se produzir melhores subsídios para análise integrada dos pesquisadores do Anexo 5.

Para tal, sugere-se instalação de no mínimo mais dois sensores de níveis, um localizado no rio São Mateus e outro no rio Mariricu (extremidade norte). Dessa forma será possível avaliar melhor a propagação da maré e a dinâmica do escoamento do rio Mariricu e do estuário do rio São Mateus.

Para um entendimento mais amplo do escoamento e do transporte de sedimentos nos estuários é muito indicada a técnica de modelagem computacional, que pode ser implantada como sequência aos estudos atualmente em curso. Para a implementação dos modelos computacionais são necessários levantamentos batimétricos dos estuários. Os dados atualmente monitorados servirão como dados de entrada para calibração e validação dos modelos.

2.4 REFERÊNCIAS

ANA. HIDROWEB. Acesso de registros de banco de dados fluviométrico e pluviométrico. Disponível em: www.ana.gov.br. Acesso em: fevereiro de 2019.

3 SUBPROJETO: IMPACTOS NA FLORA DO RIO DOCE; ESTRUTURA E FUNCIONAMENTO DOS MANGUEZAIS DE SÃO MATEUS, MARIRICU (BARRA NOVA E NATIVO), BARRA SECA (URUSSUQUARA), ARACRUZ (BARRA DO RIACHO, SANTA CRUZ E PIRAQUÊ-ACÚ, MIRIM) E CARAVELAS. ACOMPANHAMENTO DE DADO PRETÉRITOS.

3.1 OBJETIVO

Determinar a estrutura das florestas de mangue do extremo norte capixaba e no estuário do rio Caravelas nas porções baixo, médio e alto estuário com estabelecimento de parcelas fixas nas florestas de franja e bacia; Determinar a estrutura da vegetação halófito na planície lamosa do estuário do Rio Doce.

3.2 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados apresentados neste item são referentes as metas 1 e 2 do Anexo 5 Manguezal, envolverá somente os dados estruturais destas florestas.

Para avaliação do impacto da pluma de rejeitos de minério proveniente da barragem de Fundão na estrutura da vegetação dos manguezais e vegetação halófito foram estabelecidas 151 parcelas fixas em 9 localidades (quatro no Município de Aracruz, duas em Linhares, duas em São Mateus e uma em Caravelas), que serão monitoradas semestralmente. As localidades são os Municípios, Áreas são os rios nos municípios monitorados, estações são para definir os pontos (regiões) nos rios e parcelas são as amostras (com réplicas) e a região das amostras na posição perpendicular à entrada da maré nas florestas são denominadas de franja e bacia de acordo com Schaeffer-Novelli et al. (2000). As réplicas foram definidas para que uma delas ficasse exclusivamente para a obtenção dos dados de fisiologia da floresta de mangue nas regiões e pontos ao longo do estuário e outra para avaliação dos dados de estrutura da população de *Ucides cordatus* (Linnaeus, 1763).

Houve esta definição inicial de levantamento das características populacionais e de comunidades, pois para se conhecer a ecologia do ecossistema manguezal se faz necessário identificar as diferenças que existem entre as florestas no que diz respeito a estrutura e funcionamento (LUGO, 1997), que são parâmetros que atuam como indicadores de seu desenvolvimento e qualidade ambiental sustentados pelas interações entre a geomorfologia, os gradientes ambientais nos estuários e os regimes de perturbações regionais (LUGO, 1998). Estas podem ser naturais ou induzidas pelo homem. Consequentemente, quaisquer planos de monitoramento ambiental precisam definir a estrutura e funções do ecossistema para, com isto, avaliar o efeito dos tensores (natural ou não) e suas intensidades, com isto classificando-os em crônico ou agudo. Nesta seção serão apresentados os parâmetros de estrutura que associados aqueles relativos às funções ecológicas e aos fatores abióticos podem ser alterados em longo prazo como uma resposta ao agente de pressão, cabendo, portanto, a sua avaliação prévia.

O presente relatório vai apresentar seus resultados de acordo com as análises básicas de avaliação da estrutura dos manguezais proposta por Schaeffer-Novelli e Cintron (1986), bem como análises básicas de estatística. Ainda que não tenha sido realizada a análise estatística sustentada em comparações das variâncias entre as amostras e entre os pontos, já é possível encaminharmos para um diagnóstico dos estuários e suas regiões com base na distribuição das espécies e dos indivíduos por classes de tamanho.

3.2.1 Piraquê -Açu

No estuário do rio Piraquê –Açu foram amostradas seis estações (Pontos 1, 2, 3; margem direita e esquerda), com três réplicas por floresta de franja e bacia nas estações, o que totalizou 34 amostras (parcelas). Neste estuário foram identificadas três espécies de mangue: *Rhizophora mangle* L.; *Laguncularia racemosa* (L.) C.F.Gaertn e *Avicennia schaueriana* Stapf & Leechm. ex Moldenke.

R. mangle foi a espécie dominante em 53% das parcelas, formando florestas monoespecíficas em três delas (Ponto 1, margem esquerda, bacia e franja; ponto 2, margem esquerda, bacia e ponto 2, margem direita, franja). *L. racemosa* dominou em 24% das parcelas sendo três delas classificadas como monoespecíficas e, a presença de *A. schaueriana*, como única espécie ocorreu em 6 % das amostras e, portanto, 17% das florestas avaliadas são mistas, isto é, não apresentaram espécie dominante (Quadro 2).

As estações avaliadas neste estuário possuem ampla variabilidade estrutural e isto é observado nas análises das densidades de indivíduos e nos parâmetros biológicos como: diâmetro das árvores e altura, que vão com isto caracterizar a floresta e seus estágios de desenvolvimento ecológico (CINTRON e SCHAEFFER-NOVELLI, 1986; LUGO, 1997; SCHAEFFER-NOVELLI e CINTRON, 1983). A densidade de troncos vivos variou 864 a 56.667 tr.ha⁻¹, o DAP médio tem intervalo de 2,47 até 19,35 cm enquanto a altura média foi de 2,84 a 11,32 m. A área basal das florestas foi de 3,26 a 148,44 m².ha⁻¹. Em relação aos mortos da floresta, seis classificadas como de bacia e três de franja apresentaram mais de 15% da sua área basal morta, sendo esta taxa considerada elevada, mas mortalidade massiva nos manguezais do Sistema Estuarino do Piraquê-Açu e Piraquê-Mirim (SEPAPM) foi reportada por Servino et al. (2018) e identificadas em levantamento pretérito não publicado realizado por Tognella e Tassis (2011). Entretanto, os autores fazem referência a uma tempestade como causa da mortalidade sob efeito de mudanças climáticas, mas outros fatores naturais são a causa e este aspecto será monitorado, uma vez que pode agravar os efeitos deletérios provocados pelos metais provenientes do rejeito da barragem de Fundão. Em todas as estações estudadas o número médio de troncos por indivíduos oscilou entre 1,0 e 2,16.

Quadro 2: Parâmetros estruturais das florestas de mangue presentes no estuário do rio Piraquê Açú.

Estação	Densidade (tr.vivos.ha ⁻¹)	DAP médio (cm)	Altura (m)		Área Basal Total (m ² .ha ⁻¹)	Contribuição em área basal (%)			Tronco /Indivíduo
			Média	Desvio padrão (±)		Espécie	Viva	Morta	
PA1aFD	5.700	6,65	5,72	3,04	21,14	<i>A. schaueriana</i>	9,37	0,46	1,06
						<i>L.racemosa</i>	4,83	0,65	
						<i>R. mangle</i>	79,50	5,19	
PA1bFD	3.554	2,47	4,29	2,29	3,26	<i>A. schaueriana</i>	0,64	6,00	1,59
						<i>L.racemosa</i>	51,59	41,77	
						<i>R. mangle</i>	0,00	0,00	
PA1cFD	29.041	3,97	4,26	2,50	41,03	<i>A. schaueriana</i>	18,72	0,16	1,87
						<i>L.racemosa</i>	51,25	12,06	
						<i>R. mangle</i>	17,81	0,00	
PA1aBD	3.306	5,00	3,07	2,56	8,63	<i>A. schaueriana</i>	38,68	10,70	1,19
						<i>L.racemosa</i>	5,25	14,01	
						<i>R. mangle</i>	31,35	0,00	
PA1bBD	4.000	7,31	5,49	3,07	18,24	<i>A. schaueriana</i>	53,47	1,14	1,58
						<i>L.racemosa</i>	23,86	6,00	
						<i>R. mangle</i>	14,82	0,70	
PA1cBD	3.500	6,72	4,21	3,11	16,08	<i>A. schaueriana</i>	44,97	5,73	1,22
						<i>L.racemosa</i>	21,56	17,03	
						<i>R. mangle</i>	10,67	0,05	
PA2aFD	3.700	9,18	5,84	3,11	24,97	<i>A. schaueriana</i>	0,29	0,00	1,27
						<i>L.racemosa</i>	17,20	0,00	
						<i>R. mangle</i>	80,50	2,01	
PA2bFD	3.600	9,36	7,29	2,05	24,87	<i>A. schaueriana</i>	0,00	0,00	1,16
						<i>L.racemosa</i>	6,01	0,39	
						<i>R. mangle</i>	93,60	0,00	
PA2cFD	3.100	9,06	7,55	2,49	22,93	<i>A. schaueriana</i>	0,00	0,00	1,06
						<i>L.racemosa</i>	0,00	0,00	
						<i>R. mangle</i>	87,21	12,79	
PA2aBD	4.600	5,90	3,42	1,56	13,45	<i>A. schaueriana</i>	0,00	0,00	1,25
						<i>L.racemosa</i>	33,95	6,52	
						<i>R. mangle</i>	59,53	0,00	
PA2bBD	6.143	5,48	3,33	1,31	14,51	<i>A. schaueriana</i>	0,00	0,00	1,13
						<i>L.racemosa</i>	45,00	0,31	
						<i>R. mangle</i>	54,70	0,00	
PA2cBD	6.000	4,15	2,84	1,41	13,92	<i>A. schaueriana</i>	0,00	0,00	1,38
						<i>L.racemosa</i>	14,43	41,64	
						<i>R. mangle</i>	43,92	0,00	
PA3aFD	3.923	7,38	4,39	3,86	18,54	<i>A. schaueriana</i>	0,00	0,00	1,44
						<i>L.racemosa</i>	74,05	9,13	
						<i>R. mangle</i>	16,44	0,38	
PA3bFD	2.308	10,06	7,23	3,46	19,20	<i>A. schaueriana</i>	0,00	0,00	2,03
						<i>L.racemosa</i>	95,52	4,43	
						<i>R. mangle</i>	0,05	0,00	
PA3cFD	1.958	11,22	5,96	3,42	35,71	<i>A. schaueriana</i>	0,00	0,00	2,16
						<i>L.racemosa</i>	51,65	45,74	
						<i>R. mangle</i>	2,62	0,00	
PA3aBD	43.333	2,64	3,84	2,00	28,03	<i>A. schaueriana</i>	0,00	0,00	1,02
						<i>L.racemosa</i>	84,82	15,18	
						<i>R. mangle</i>	0,00	0,00	
PA3bBD	40.000	3,64	4,08	1,67	42,74	<i>A. schaueriana</i>	0,00	0,00	1,08
						<i>L.racemosa</i>	81,28	2,22	
						<i>R. mangle</i>	0,00	0,00	
PA3cBD	56.667	5,74	3,18	2,21	148,44	<i>A. schaueriana</i>	0,00	0,00	1,41
						<i>L.racemosa</i>	92,58	0,44	
						<i>R. mangle</i>	6,30	0,68	
PA1aFE	4.000	6,33	4,66	1,87	12,61	<i>A. schaueriana</i>	15,43	0,00	1,13
						<i>L.racemosa</i>	0,00	0,00	

Estação	Densidade (tr.vivos.ha ⁻¹)	DAP médio (cm)	Altura (m)		Área Basal Total (m ² .ha ⁻¹)	Contribuição em área basal (%)			Tronco /Indivíduo
			Média	Desvio padrão (±)		Espécie	Viva	Morta	
PA1bFE	5.000	8,13	4,80	2,02	25,93	<i>R. mangle</i>	84,57	0,00	1,14
						<i>A. schaueriana</i>	0,00	0,00	
						<i>L.racemosa</i>	0,00	0,00	
						<i>R. mangle</i>	100,00	0,00	
PA1cFE	3.000	8,61	4,95	2,75	18,44	<i>A. schaueriana</i>	1,16	5,19	1,57
						<i>L.racemosa</i>	0,46	0,00	
						<i>R. mangle</i>	93,18	0,00	
PA1aBE	4.700	5,75	2,24	1,89	14,00	<i>A. schaueriana</i>	1,11	0,00	1
						<i>L.racemosa</i>	26,14	12,76	
						<i>R. mangle</i>	59,99	0,00	
PA1bBE	3.500	6,55	4,88	1,15	12,07	<i>A. schaueriana</i>	0,00	0,00	1
						<i>L.racemosa</i>	0,00	0,00	
						<i>R. mangle</i>	81,10	2,25	
PA1cBE	3.435	6,79	3,84	1,49	12,43	<i>A. schaueriana</i>	0,00	0,00	1,07
						<i>L.racemosa</i>	0,00	0,00	
						<i>R. mangle</i>	100,00	0,00	
PA2aFE	1.073	19,57	11,32	2,19	36,18	<i>A. schaueriana</i>	12,09	10,85	1,03
						<i>L.racemosa</i>	0,00	0,00	
						<i>R. mangle</i>	77,07	0,00	
PA2bFE	864	19,35	8,09	3,25	26,75	<i>A. schaueriana</i>	15,31	0,00	1
						<i>L.racemosa</i>	11,54	0,00	
						<i>R. mangle</i>	68,13	5,03	
PA2cFE	1.733	17,38	9,55	3,16	59,73	<i>A. schaueriana</i>	0,01	14,95	1,13
						<i>L.racemosa</i>	0,06	0,00	
						<i>R. mangle</i>	68,79	16,19	
PA2aBE	1.412	11,12	6,47	2,31	17,54	<i>A. schaueriana</i>	0,04	0,00	1
						<i>L.racemosa</i>	13,87	13,00	
						<i>R. mangle</i>	64,25	8,84	
PA2bBE	2.455	11,05	7,67	2,33	24,43	<i>A. schaueriana</i>	0,00	0,00	1,19
						<i>L.racemosa</i>	0,00	0,00	
						<i>R. mangle</i>	96,30	3,70	
PA2cBE	1.429	11,05	7,16	2,44	20,93	<i>A. schaueriana</i>	0,00	0,00	1,19
						<i>L.racemosa</i>	23,46	31,68	
						<i>R. mangle</i>	42,04	2,82	
PA3aFE	4.125	8,38	4,04	2,62	22,90	<i>A. schaueriana</i>	37,65	0,00	1,33
						<i>L.racemosa</i>	22,23	0,36	
						<i>R. mangle</i>	39,41	0,36	
PA3bFE	1.979	12,03	6,81	3,67	22,75	<i>A. schaueriana</i>	0,00	0,00	1,1
						<i>L.racemosa</i>	4,93	0,43	
						<i>R. mangle</i>	93,86	0,78	
PA3cFE	1.497	17,48	9,79	2,07	42,66	<i>A. schaueriana</i>	4,34	0,00	1,2
						<i>L.racemosa</i>	0,00	15,79	
						<i>R. mangle</i>	79,87	0,00	
PA3aBE	1.190	12,94	6,55	3,39	20,32	<i>A. schaueriana</i>	0,00	0,00	1,38
						<i>L.racemosa</i>	15,17	20,15	
						<i>R. mangle</i>	61,84	2,84	

Fonte: Autoria própria.

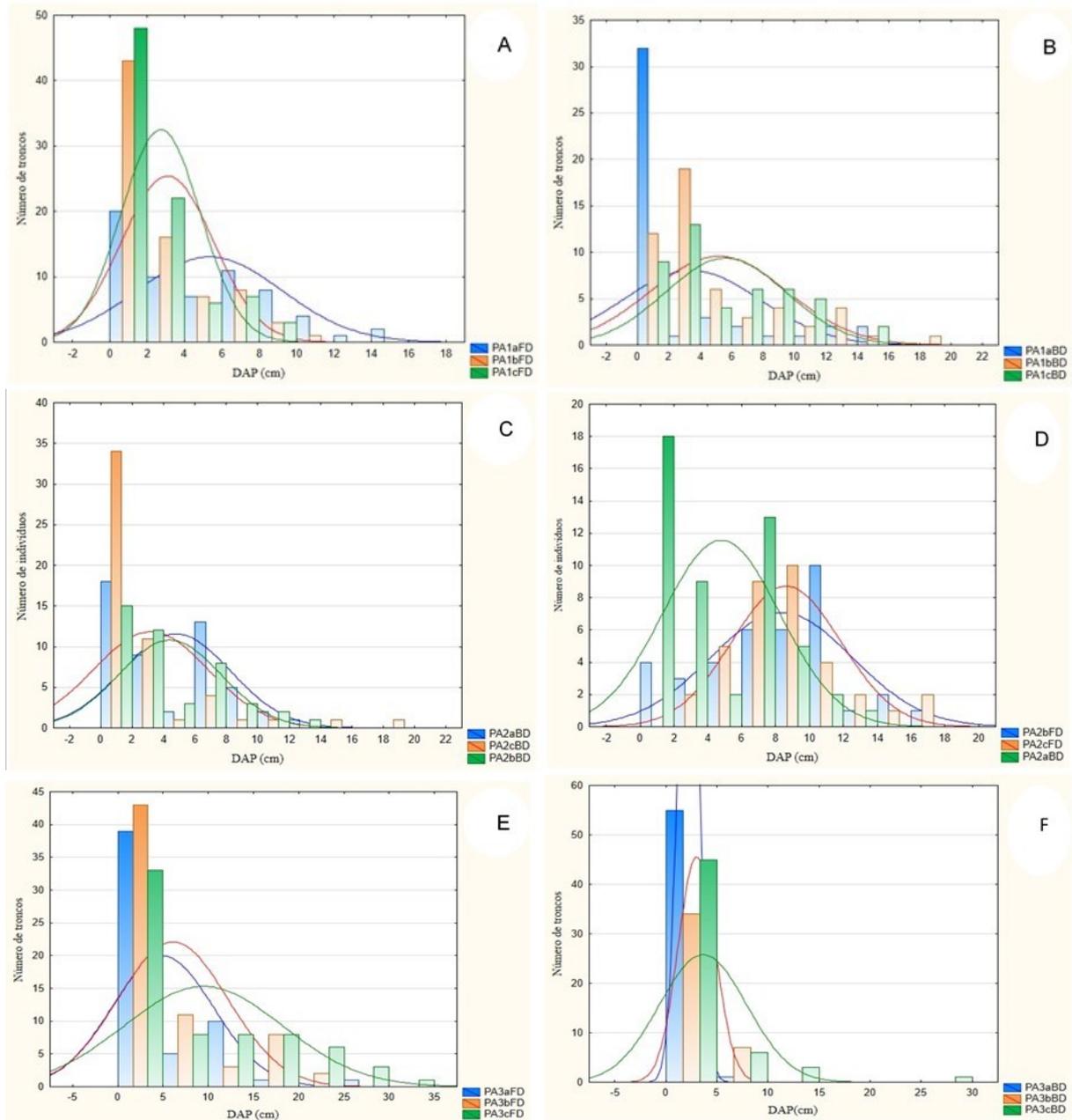
De uma maneira geral, com exceção do PA3FD, as florestas que apresentaram maior desenvolvimento estrutural são aquelas onde ocorrem *A. schaueriana* e/ou *R. mangle* como espécies dominantes e onde os indivíduos destas espécies estão distribuídos nos maiores diâmetros. Em relação a assimilação de nutrientes e de sais ambas possuem comportamento fisiológico diferenciado (TOMLINSON, 1986; LUGO e SNEDAKER, 1974; MEDINA et al., 1990). *R. mangle* é mais susceptível as salinidades mais elevadas, menos conservativa no uso de nutrientes que *A. schaueriana* e com isto preferindo regiões

no estuário onde ocorre maior suprimento de nutrientes, via maré ou por escoamento superficial (BALL, 1988).

A Figura 40 representa a frequência de distribuição dos diâmetros para as réplicas de cada ponto da margem direita do Rio Piraquê-Açú. As florestas dos pontos 1 e 2 são mais similares em termos de distribuição das classes diamétricas e apresentam maior número de indivíduos de menor tamanho, como pode ser observada pelas curvas de distribuição normal. Um ponto preocupante de controle neste estuário é o ponto 3 (Figura 40 E e F), onde a Franja é madura, possui uma densidade elevada de indivíduos mortos e a floresta de bacia possui baixo número de jovens e de adultos comprometendo a recomposição natural deste ponto no estuário.

Avaliações da estrutura do Rio Piraquê-Açú foram realizadas por Tognella e Tassis (dados não publicados) em 2011 e já havia registro de elevada mortalidade nas parcelas, ocorrendo para as três espécies típicas das florestas de mangue. Entretanto, os dados de altura do bosque eram mais elevados que as atuais. Estes dados serão utilizados em análise comparativa futura.

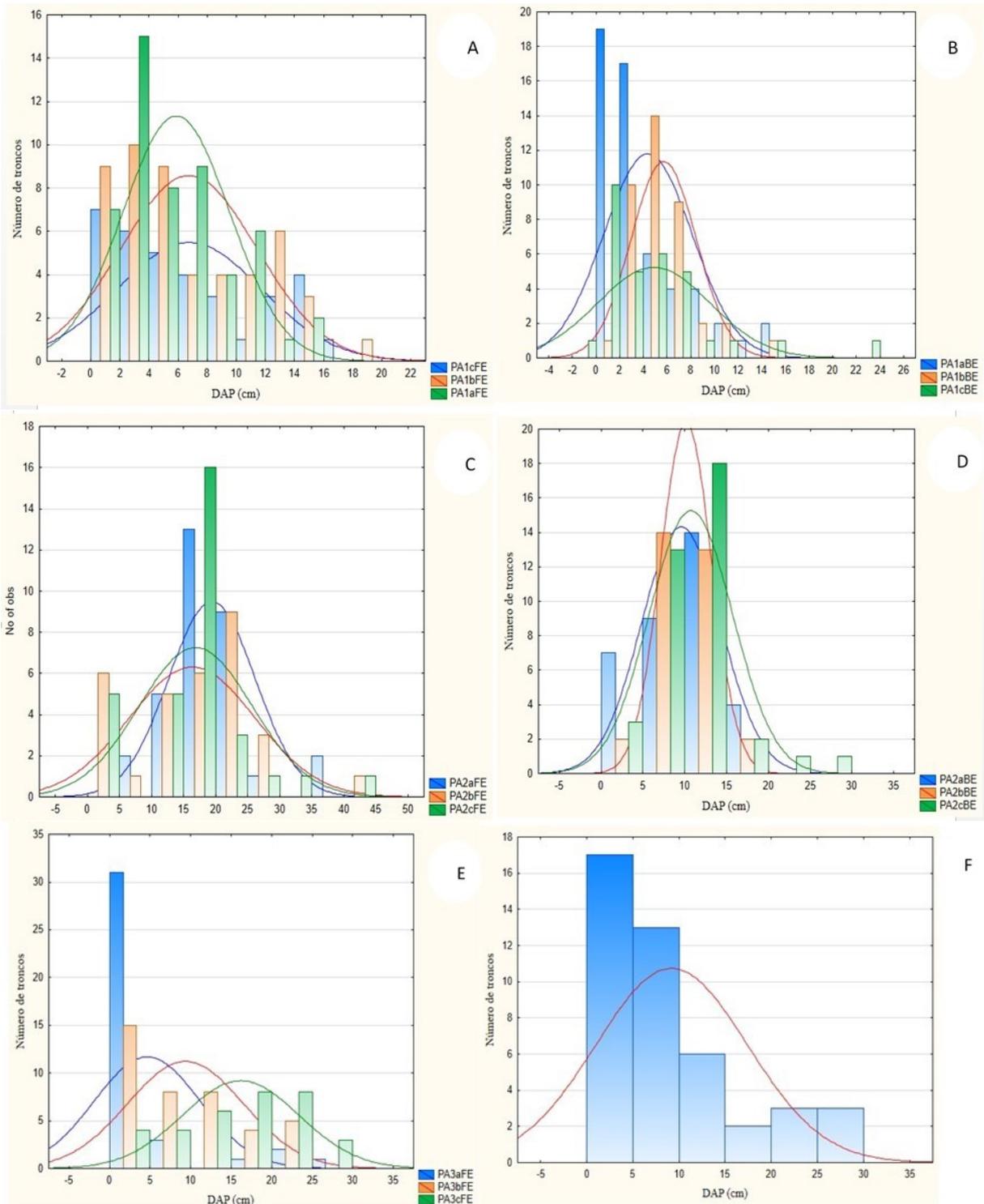
Figura 40: Distribuição dos indivíduos amostrados nas estações na margem direita do Rio Piraquê-Açú. (A) Floresta de Franja Ponto 1; (B) Floresta de Bacia Ponto 1; (C) Floresta de Franja Ponto 2; (D) Floresta de Bacia Ponto 2; (E) Floresta de Franja Ponto 3; (F) Floresta de Bacia Ponto 3. As curvas são o ajuste da distribuição normal.



Fonte: Autoria própria.

A Figura 41 representa a distribuição de frequência dos indivíduos por parcela na margem esquerda o Rio Piraquê-Açú. A parcela da floresta de bacia (Figura 41 F) não apresenta réplica, pois as áreas adjacentes a floresta estão mortas conforme nossas observações em campo e próxima as áreas reportadas o por Servino et al. (2018) como locais de mortalidade maciça. Apesar disto este ponto foi selecionado para o controle, uma vez que já está bastante comprometido e poderia ter maior agravamento numa situação de contaminação pelos metais provenientes do rejeito da barragem de Fundão.

Figura 41: Distribuição dos indivíduos amostrados nas estações na margem esquerda do rio Piraquê-Açu. (A) Floresta de Franja Ponto 1; (B) Floresta de Bacia Ponto 1; (C) Floresta de Franja Ponto 2; (D) Floresta de Bacia Ponto 2; (E) Floresta de Franja Ponto 3; (F) Floresta de Bacia Ponto 3. As curvas são o ajuste da distribuição normal.



Fonte: Autoria própria.

Das 34 parcelas analisadas, aquelas da estação PA2FE apresentam o maior desenvolvimento estrutural, com distribuição uniforme dos indivíduos em termos de diâmetro (Figura 41), como pode ser observado pelas curvas de ajuste à distribuição normal e possui árvores com diâmetro acima de 40 cm

e domínio de *R. mangle* (Quadro 2). Observa-se a presença de indivíduos jovens em todas as estações, sendo a PA3BD caracterizada por floresta recém colonizada por *L. racemosa* e com o menor desenvolvimento estrutural. A salinidade foi obtida nas parcelas durante sua implantação (Quadro 3), sendo amostrado cinco pontos no interior de cada uma das réplicas e realizada a média entre eles. Os valores médios das estações foram de 26 (PA1BD) próxima a abertura da foz até 6 (PA3BE) na floresta de bacia.

Quadro 3: Salinidade média das estações amostradas ao longo do rio Piraquê-Açu.

Rio Piraquê-Açu		Salinidade (psu)	
Ponto	Floresta	Margem Direita	Margem Esquerda
PA1	Franja	24	24
PA1	Bacia	26	23
PA2	Franja	25	11
PA2	Bacia	24	11
PA3	Franja	7	6
PA3	Bacia	7	5

Fonte: Autoria própria.

Os dados de salinidade indicam que as florestas de bacia dos pontos 1 e 2 da margem direita são mais elevados que os registros da margem esquerda, exceto para as franjas que são similares (Quadro 3). Apesar de estas observações serem pontuais e caracterizam uma fotografia do parâmetro é importante sua aquisição uma vez que indica as diferenças entre as regiões e florestas ao longo do estuário na situação de maré (sizígia).

Foi observada a presença de *Acrostichum* sp na estação PA3BE (Figura 42), a presença desta espécie pode estar associada à baixa salinidade, pois seu processo de germinação só ocorre na presença de água doce e é indicativo de que houve alteração na floresta (TOMLINSON, 1986) e isto permitiu o ingresso de outras espécies que não halófitas. Por outro lado, esta espécie é bastante importante para o entendimento ecológico da floresta de mangue, pois seu desenvolvimento sob dossel é menor do que em áreas expostas e também com baixa salinidade (Medina et al. 1990). Esta espécie está associada a presença de *L. racemosa* e *R. mangle* em solos menos salinos e permanece nestes locais por sua capacidade de promover a troca do Na⁺ para assimilação de K⁺ (Medina op. cit).

Figura 42: Imagem da estação PA3BE destaque para a presença de *Acrostichum* sp entre as árvores de mangue e ao fundo as árvores mortas.



Fonte: Autoria própria.

Numa análise preliminar das parcelas, as florestas da margem esquerda do Rio Piraquê-Açú estão mais desenvolvidas que as da margem direita, evidenciando processos distintos de desenvolvimento da floresta. Dentro do mesmo ambiente geomorfológico o manguezal tem tensores naturais que vão interferir no processo natural de sobrevivência das coortes no sedimento que vão acelerar a morte delas e permitir a iniciação de um novo pool de colonização. Esses processos são naturais e vão condicionar florestas com diferentes idades, aspecto que dificulta bastante a análise da maturidade do ecossistema e associado a isto, as plantas de mangue ou não desenvolvem anéis de crescimento ou estes quando presentes não possuem sazonalidade definida (TOMLINSON, 1986). Entretanto, cabe salientar que estes processos de morte e desenvolvimento da floresta não significa eliminação do ecossistema manguezal.

Análises mais elaboradas nos dados de estrutura estão sendo encaminhadas para que se possam determinar o estágio de desenvolvimento das florestas com base em Jimenez et al (1985).

A avaliação da floresta permite traçar, junto com demais parâmetros abióticos a vulnerabilidade da mesma frente aos tensores.

3.2.2 Piraquê-Mirim

No manguezal do rio Piraquê-Mirim foram amostradas 36 parcelas (12 amostras) ocorrendo as mesmas espécies observadas no Rio Piraquê-Mirim. *R. mangle* foi a espécie dominante em 52% das estações e *L. racemosa* em 36% delas, *A. schaueriana* teve maior dominância em 3% das estações e 8% dos bosques avaliados não apresentaram dominância de espécies.

A densidade de troncos vivos varia de 1.000 a 22.800,00 troncos vivos ha⁻¹, o DAP médio varia de 2,39 a 10,82 cm enquanto a altura média varia de 2,45 a 8,1 m. A área basal variou de 8,14 a 37,03 m².ha⁻¹ e as 13 florestas apresentaram mais de 15% da sua área basal morta. O número médio de troncos por indivíduos oscilou entre 1,0 e 2,40 (Quadro 4).

Quadro 4: Parâmetros estruturais das florestas de mangue presentes no estuário do rio Piraquê-Mirim.

Estação	Densidade (tr.vivos.ha ⁻¹)	DAP médio (cm)	Altura (m)		Área Basal Total (m ² .ha ⁻¹)	Contribuição em área basal (%)			Tronco/ Individuo
			Média	Desvio padrão (±)		Espécie	viva	Morta	
PM1aFD	12.000	5,97	5,08	2,49	37,03	<i>A. schaueriana</i>	49,83	1,91	1,66
						<i>L. racemosa</i>	27,05	7,46	
						<i>R. mangle</i>	13,75	0,00	
PM1bFD	9.000	4,98	3,86	2,27	26,07	<i>A. schaueriana</i>	31,58	0,00	1,54
						<i>L. racemosa</i>	32,33	32,77	
						<i>R. mangle</i>	3,32	0,00	
PM1cFD	11.500	4,23	3,81	1,98	20,64	<i>A. schaueriana</i>	27,31	0,38	1,67
						<i>L. racemosa</i>	34,97	21,43	
						<i>R. mangle</i>	15,90	0,00	
PM1aBD	5.800	4,63	4,10	1,65	10,93	<i>A. schaueriana</i>	0,00	0,00	2
						<i>L. racemosa</i>	65,17	10,67	
						<i>R. mangle</i>	24,16	0,00	
PM1bBD	5.938	4,58	3,39	1,56	16,25	<i>A. schaueriana</i>	0,00	0,00	1,68
						<i>L. racemosa</i>	50,96	39,83	
						<i>R. mangle</i>	9,21	0,00	
PM1cBD	7.656	5,28	3,46	1,36	20,10	<i>A. schaueriana</i>	0,00	0,00	1,37
						<i>L. racemosa</i>	57,38	16,76	
						<i>R. mangle</i>	25,86	0,00	
PM2aFD	6.571	6,25	4,19	2,83	21,48	<i>A. schaueriana</i>	30,10	4,71	1,33
						<i>L. racemosa</i>	0,00	0,00	
						<i>R. mangle</i>	63,88	1,31	
PM2bFD	3.636	8,78	7,44	1,68	22,03	<i>A. schaueriana</i>	27,01	0,00	1,21
						<i>L. racemosa</i>	0,00	0,00	
						<i>R. mangle</i>	72,99	0,00	
PM2cFD	2.569	10,22	8,10	1,87	21,95	<i>A. schaueriana</i>	24,98	3,29	2,09
						<i>L. racemosa</i>	0,00	0,00	
						<i>R. mangle</i>	70,95	0,78	
PM2aBD	22.800	2,39	2,50	0,75	12,37	<i>A. schaueriana</i>	0,00	0,00	1,6
						<i>L. racemosa</i>	82,28	17,15	
						<i>R. mangle</i>	0,57	0,00	
PM2bBD	11.667	2,97	2,61	0,95	8,85	<i>A. schaueriana</i>	0,00	0,00	1,3
						<i>L. racemosa</i>	43,98	8,64	
						<i>R. mangle</i>	47,38	0,00	
PM2cBD	13.333	3,58	3,37	0,91	15,00	<i>A. schaueriana</i>	2,50	0,00	1,23
						<i>L. racemosa</i>	82,48	10,76	
						<i>R. mangle</i>	4,25	0,00	
PM3aFD	4.250	8,60	5,24	3,36	25,93	<i>A. schaueriana</i>	0,00	0,00	1,13
						<i>L. racemosa</i>	0,00	0,00	
						<i>R. mangle</i>	95,20	4,80	

Estação	Densidade (tr.vivos.ha ⁻¹)	DAP médio (cm)	Altura (m)		Área Basal Total (m ² .ha ⁻¹)	Contribuição em área basal (%)			Tronco/ Indivíduo
			Média	Desvio padrão (±)		Espécie	viva	Morta	
PM3bFD	2.462	8,48	7,11	1,94	15,79	<i>A. schaueriana</i>	0,00	6,08	1,29
						<i>L.racemosa</i>	3,31	0,30	
						<i>R. mangle</i>	84,75	5,56	
PM3cFD	3.287	6,77	6,08	2,47	12,57	<i>A. schaueriana</i>	0,91	0,00	1,65
						<i>L.racemosa</i>	10,47	0,00	
						<i>R. mangle</i>	82,82	5,80	
PM3aBD	13.000	3,81	3,48	1,55	19,90	<i>A. schaueriana</i>	0,00	0,00	1,28
						<i>L.racemosa</i>	29,01	24,46	
						<i>R. mangle</i>	45,32	1,21	
PM3bBD	10.286	3,98	3,60	1,42	13,52	<i>A. schaueriana</i>	0,00	0,00	1,2
						<i>L.racemosa</i>	29,10	5,33	
						<i>R. mangle</i>	65,58	0,00	
PM3cBD	11.500	3,18	2,87	1,37	11,16	<i>A. schaueriana</i>	4,22	0,00	1,3
						<i>L.racemosa</i>	29,98	18,34	
						<i>R. mangle</i>	47,45	0,00	
PM1aFE	2.975	7,81	4,86	2,24	14,76	<i>A. schaueriana</i>	27,32	0,05	1,09
						<i>L.racemosa</i>	0,00	0,00	
						<i>R. mangle</i>	69,22	3,41	
PM1bFE	7.600	7,82	4,80	2,70	36,46	<i>A. schaueriana</i>	36,49	0,00	1,08
						<i>L.racemosa</i>	0,00	0,00	
						<i>R. mangle</i>	63,51	0,00	
PM1cFE	6.143	6,15	5,04	3,08	18,26	<i>A. schaueriana</i>	5,71	0,00	1
						<i>L.racemosa</i>	0,00	0,00	
						<i>R. mangle</i>	94,29	0,00	
PM1aBE	3.727	6,76	2,93	2,01	14,06	<i>A. schaueriana</i>	1,11	0,00	1,03
						<i>L.racemosa</i>	7,19	3,66	
						<i>R. mangle</i>	86,98	1,07	
PM1bBE	4.250	6,87	5,30	2,48	18,26	<i>A. schaueriana</i>	0,00	0,00	1,16
						<i>L.racemosa</i>	13,30	10,99	
						<i>R. mangle</i>	72,96	2,75	
PM1cBE	2.600	7,44	5,80	2,13	21,96	<i>A. schaueriana</i>	5,65	1,17	1,13
						<i>L.racemosa</i>	2,68	30,68	
						<i>R. mangle</i>	43,16	16,65	
PM2aFE	3.300	7,89	5,22	2,75	16,76	<i>A. schaueriana</i>	0,00	0,00	1,04
						<i>L.racemosa</i>	0,00	0,00	
						<i>R. mangle</i>	96,36	3,64	
PM2bFE	9.464	5,99	3,43	2,71	26,69	<i>A. schaueriana</i>	14,59	0,00	1
						<i>L.racemosa</i>	0,00	0,00	
						<i>R. mangle</i>	85,41	0,00	
PM2cFE	6.327	5,81	3,49	2,83	16,76	<i>A. schaueriana</i>	5,81	0,00	1,68
						<i>L.racemosa</i>	0,00	0,00	
						<i>R. mangle</i>	94,19	0,00	
PM2aBE	1.000	10,82	2,45	1,25	11,46	<i>A. schaueriana</i>	0,00	0,00	1,45
						<i>L.racemosa</i>	61,35	18,42	
						<i>R. mangle</i>	18,91	1,32	
PM2bBE	14.000	3,11	2,97	1,33	13,69	<i>A. schaueriana</i>	0,00	0,00	2,33
						<i>L.racemosa</i>	77,49	22,18	
						<i>R. mangle</i>	0,33	0,00	
PM2cBE	16.000	4,99	3,47	1,20	33,80	<i>A. schaueriana</i>	0,00	0,00	1,24
						<i>L.racemosa</i>	91,99	7,29	
						<i>R. mangle</i>	0,72	0,00	
PM3aFE	9.722	4,09	3,40	1,61	12,78	<i>A. schaueriana</i>	4,27	0,00	1,06
						<i>L.racemosa</i>	26,49	0,00	
						<i>R. mangle</i>	69,24	0,00	
PM3bFE	4.167	3,45	4,25	1,33	8,14	<i>A. schaueriana</i>	8,86	0,00	1
						<i>L.racemosa</i>	2,74	22,10	
						<i>R. mangle</i>	36,26	30,04	

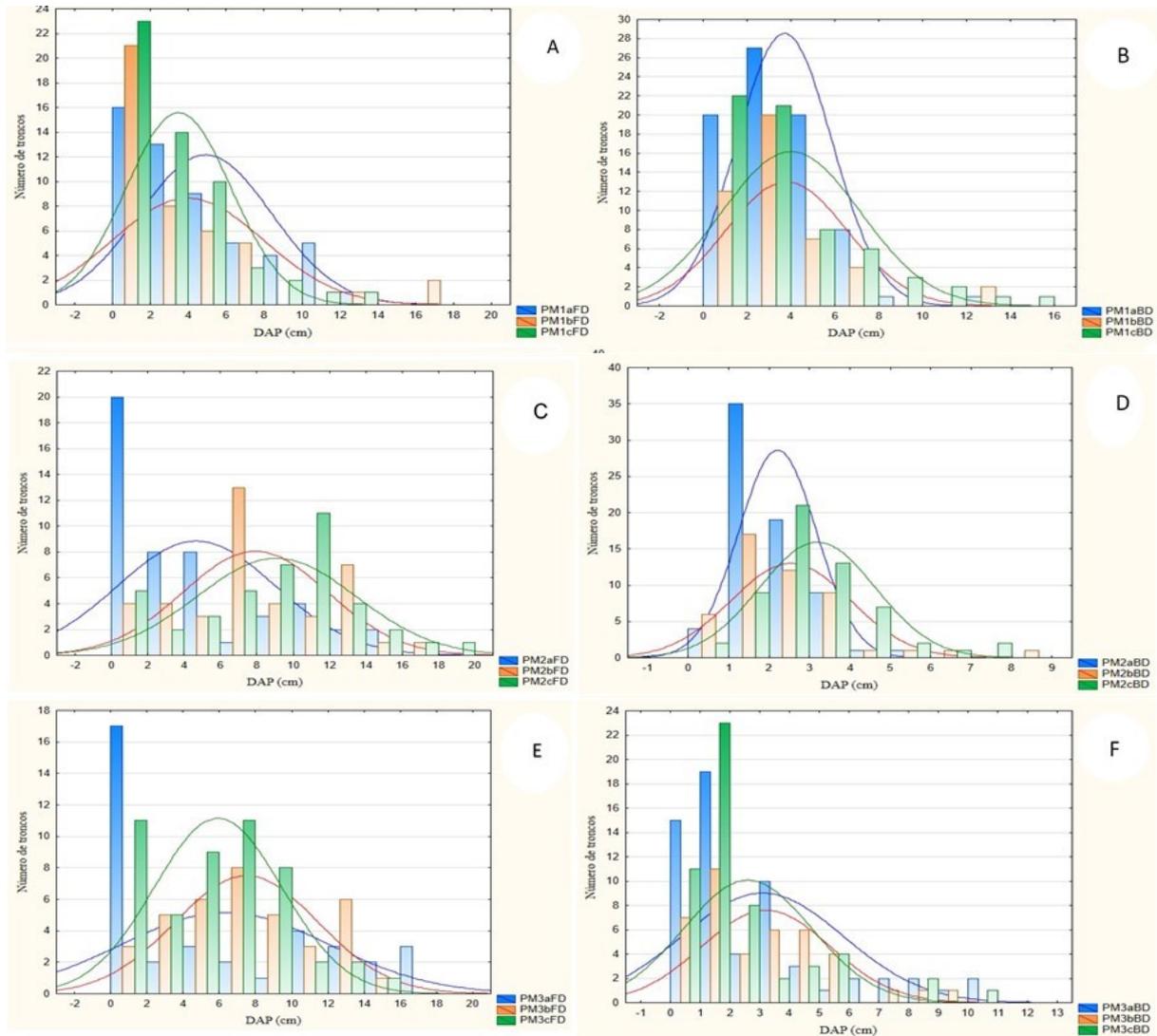
Estação	Densidade (tr.vivos.ha ⁻¹)	DAP médio (cm)	Altura (m)		Área Basal Total (m ² .ha ⁻¹)	Contribuição em área basal (%)			Tronco/ Indivíduo
			Média	Desvio padrão (±)		Espécie	viva	Morta	
PM3cFE	4.444	5,35	3,64	2,07	15,18	<i>A. schaueriana</i>	2,89	1,13	1
						<i>L.racemosa</i>	43,02	8,13	
						<i>R. mangle</i>	19,78	25,07	
PM3aBE	9.388	4,41	2,81	1,47	20,35	<i>A. schaueriana</i>	0,00	0,00	2
						<i>L.racemosa</i>	69,96	29,07	
						<i>R. mangle</i>	0,66	0,32	
PM3bBE	11.224	3,51	3,03	1,29	14,02	<i>A. schaueriana</i>	0,00	0,00	2,4
						<i>L.racemosa</i>	74,08	22,40	
						<i>R. mangle</i>	3,52	0,00	
PM3cBE	10.612	5,28	2,87	1,79	26,20	<i>A. schaueriana</i>	16,90	0,00	1,88
						<i>L.racemosa</i>	69,72	11,24	
						<i>R. mangle</i>	2,14	0,00	

Fonte: Autoria própria.

Das 36 estações estabelecidas, a floresta com maior desenvolvimento em termos estruturais foi aquela representada pela réplica PM2aBE, e a estação PM2BD apresenta o menor desenvolvimento. Salvo algumas exceções de uma maneira geral, as florestas de franja são mais desenvolvidas estruturalmente e, as de bacia apresentam uma maior contribuição de troncos mortos, sendo estas menos desenvolvidas quando comparadas com aquelas de franja. Tal comportamento é evidente em ambas as margens (Figura 43 e Figura 44). Entretanto, ainda que não tenha sido realizada a análise estatística destes dados no momento, uma vez que as responsáveis técnicas por este monitoramento atuam também no cultivo, portanto, inviabilizando para este relatório uma análise mais criteriosa para termos comparativo, pode-se observar que os dois rios, dentro de uma mesma unidade geomorfológica apresentam estágios de desenvolvimento do manguezal distintos. As florestas do Rio Piraquê-Mirim possuem árvores com menor diâmetro e com maior distribuição de indivíduos nas classes de diâmetro abaixo de 20 cm, caracterizando bosques com menor desenvolvimento que o Açú.

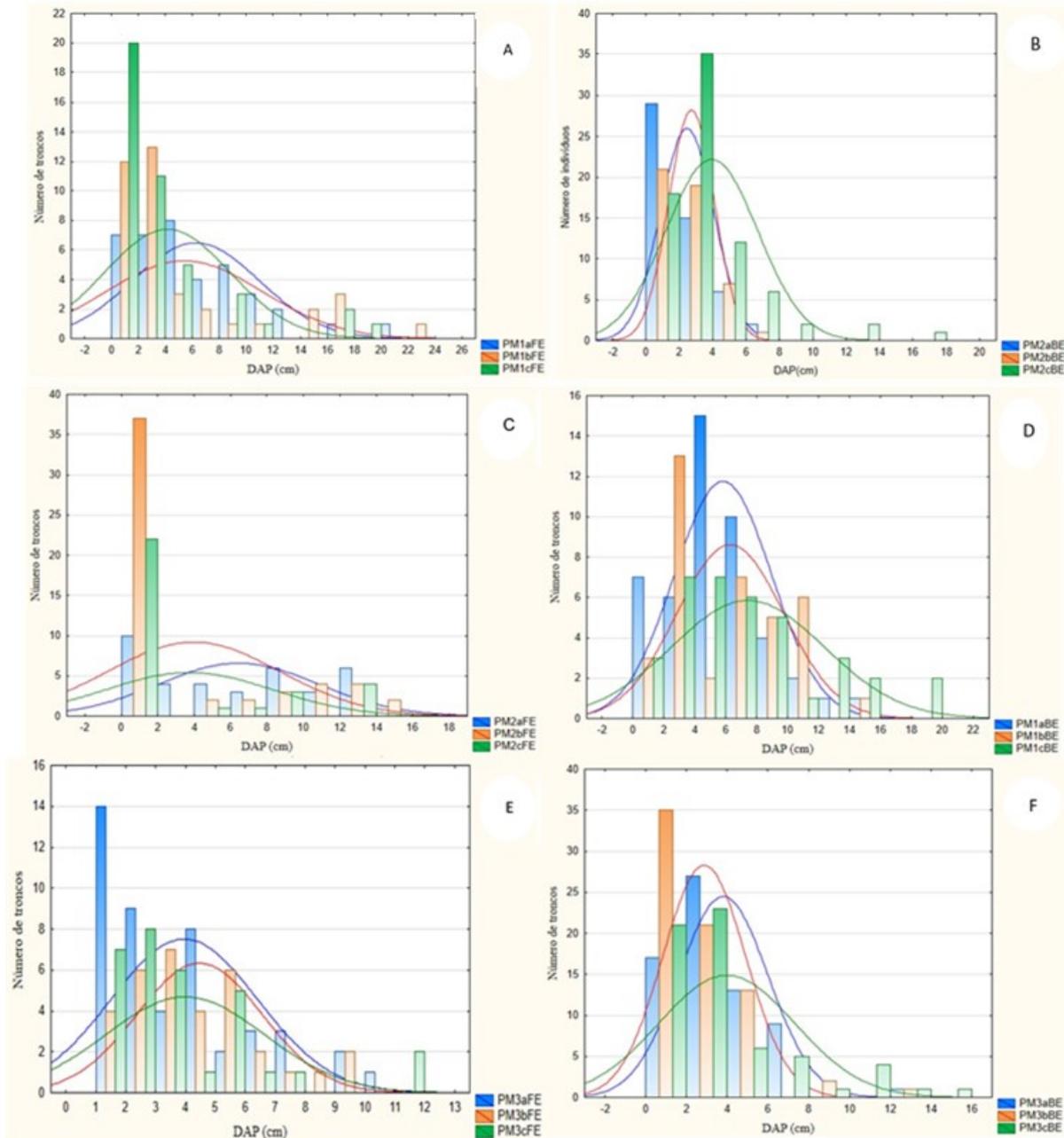
Uma avaliação comparativa entre as Figura 40, Figura 41, Figura 43 e Figura 44, sendo as primeiras referentes ao Rio Piraquê-Açú e as demais ao Mirim, as florestas do Açú possuem árvores de maior diâmetro, onde exceto o ponto 1, as demais possuem árvores com diâmetro acima de 30 cm, indicando uma maior longevidade da floresta. Por outro lado, as densidades registradas nestas florestas do Açú na frequência de menor diâmetro podem indicar interferência em curto prazo por causas naturais (SERVINO et al., 2018). Esta abordagem mais qualitativa inicial e com maior rigor nas análises de distribuição dos indivíduos por classe de tamanho é fundamental para que, juntamente com outros parâmetros como salinidade, frequência de inundação, seja possível identificar a vulnerabilidade da floresta em relação aos metais provenientes do rejeito de Fundão.

Figura 43: Distribuição dos indivíduos amostrados nas estações na margem direita do rio Piraquê-Mirim. (A) Floresta de Franja Ponto 1; (B) Floresta de Bacia Ponto 1; (C) Floresta de Franja Ponto 2; (D) Floresta de Bacia Ponto 2; (E) Floresta de Franja Ponto 3; (F) Floresta de Bacia Ponto 3. As curvas são o ajuste da distribuição normal.



Fonte: Autoria própria.

Figura 44: Distribuição dos indivíduos amostrados nas estações na margem esquerda do Rio Piraquê-Mirim. (A) Floresta de Franja Ponto 1; (B) Floresta de Bacia Ponto 1; (C) Floresta de Franja Ponto 2; (D) Floresta de Bacia Ponto 2; (E) Floresta de Franja Ponto 3; (F) Floresta de Bacia Ponto 3. As curvas são o ajuste da distribuição normal.



Fonte: Autoria própria.

No Rio Piraquê-Mirim, a salinidade varia de 23 no ponto 2 (PM2FD) a 13 no ponto 3 (PM3BE) (Quadro 5). Os dados de dinâmica da maré, vão contribuir para uma análise mais criteriosa da distribuição das espécies em termos de salinidade e frequência da inundação, além de auxiliar na interpretação da dispersão dos contaminantes no estuário. Estes dados, como já dito anteriormente, embora pontuais já explicitam diferenças entre os dois rios. Há maior influência da cunha salina no Rio Piraquê-Mirim que no Açú, aspecto esperado uma vez que o tamanho da bacia de drenagem e extensão entre os dois rios são aspectos diferenciados e, conseqüentemente, a vazão e disponibilidade de água doce. A área

de drenagem do Mirim é de 69,42 km² e do Açú de 378,69 km² (SEAMA, 1998). A bacia hidrográfica que caracteriza estes rios é enquadrada como Litoral Centro Norte e tem em média Vazão Específica de Longo Período de 10 a 13 L.s.Km², mas com Vazão Específica de Permanência baixa (sendo este parâmetro com média entre 2,06 a 1,15 L.s.Km²) o que resulta em uma das áreas com menor disponibilidade hídrica superficial do estado, entre 1,2 e 1,5 L.s.Km² (AGERH, 2018). Além disto, esta bacia possui evaporação média de 1312 mm por ano (AGERH op cit.). A região se enquadra de acordo como critério de Köppen (base 1936) como tendo clima Aw (Tropical com inverno seco) correspondendo a 53% de ocorrência entre os sete tipos climáticos no Espírito Santo (ALVARES et al. 2014).

Quadro 5: Valores de salinidade mensurados ao longo do estuário do rio Piraquê-Mirim.

Rio Piraquê-Mirim		Salinidade (psu)	
Ponto	Floresta	Margem Direita	Margem Esquerda
PM1	Franja	20	20
PM1	Bacia	19	18
PM2	Franja	23	19
PM2	Bacia	16	17
PM3	Franja	20	17
PM3	Bacia	15	13

Fonte: Autoria própria.

3.2.3 APA Costa das Algas

Na Reserva Biológica da Vida Silvestre (RVS) Alfredo Ruschi foram estabelecidas três parcelas para caracterizar a região de Santa Cruz (Aracruz), isto é, a região CA1F corresponde aos manguezais lateríticos. Distando desta, e com fisionomia distinta estão as regiões CAF2 e CAF3 que correspondem às florestas de mangue situadas nos pequenos rios que desembocam nas praias do Sauê e Sahy, respectivamente. Estes manguezais estão sendo monitorados para atender as demandas da TR 4 referente a este monitoramento no que diz respeito à fauna da APA Costa das Algas.

As florestas de mangue que ocorrem na linha de costa associadas à RVS estão situados na zona costeira e localizam-se nas formações sedimentares de origem bioclásticas e litoclásticas que servem também de proteção da energia de ondas e marés até as árvores de mangue situadas mais internamente.

As espécies de mangue identificadas foram: *Rhizophora mangle* L.; *Laguncularia racemosa* (L.) C.F.Gaertn e *Avicennia schaueriana*, cujos dados estruturais se encontram no Quadro 6.

Quadro 6: Parâmetros estruturais das florestas de mangue na região da APA Costa das Algas.

Estação	Densidade (tr. vivos.ha ⁻¹)	DAP médio (cm)	Altura (m)		Área Basal Total (m ² .ha ⁻¹)	Contribuição em área basal (%)		
			Média	Desvio padrão (±)		Espécie	viva	morta
CA1aF	444	7,13	3,99	1,58	1,884049	<i>A. schaueriana</i>	62,28	4,63
						<i>L. racemosa</i>	31,83	1,27
						<i>R. mangle</i>	0,00	0,00
CA1bF	1100	10,38	4,98	1,89	11,32958	<i>A. schaueriana</i>	78,10	17,42
						<i>L. racemosa</i>	4,06	0,42
						<i>R. mangle</i>	0,00	0,00
CA1cF	1320	14,21	4,01	1,71	21,84669	<i>A. schaueriana</i>	88,41	0,41
						<i>L. racemosa</i>	7,38	3,81
						<i>R. mangle</i>	0,00	0,00
CA2F	14800	3,15	2,34	0,64	11,52779	<i>A. schaueriana</i>	0,00	0,00
						<i>L. racemosa</i>	100,00	0,00
						<i>R. mangle</i>	0,00	0,00
CA3F	65000	2,74	3,95	2,19	40,5934	<i>A. schaueriana</i>	0,00	0,00
						<i>L. racemosa</i>	91,38	4,70
						<i>R. mangle</i>	3,23	0,70

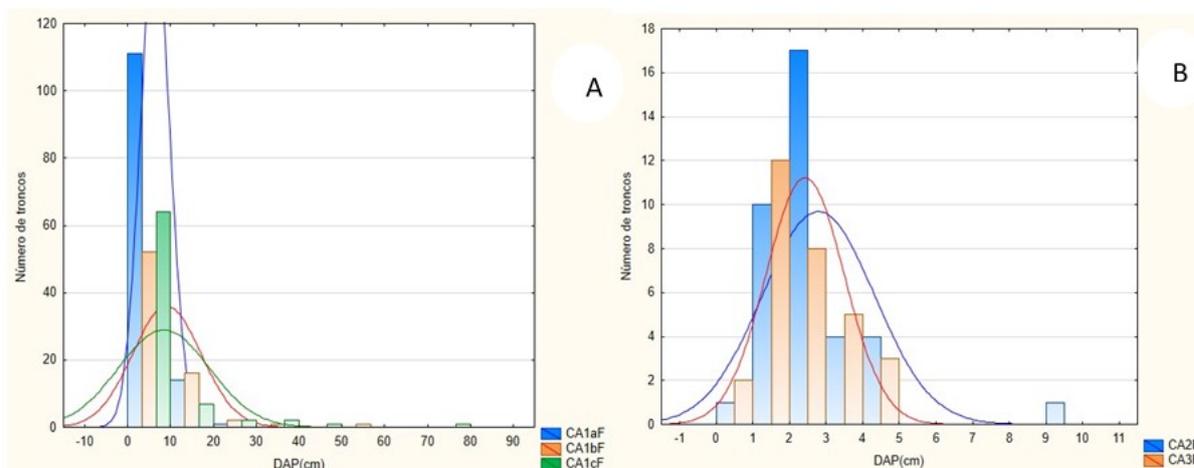
Fonte: Autoria própria.

A. schaueriana foi a espécie dominante nos manguezais lateríticos uma vez que esta possui diversas estratégias de extrusão do sal, possibilitando sua ocorrência e permanência em locais mais salinos (SOARES et al. 2015) ou em áreas cujo aporte de água doce é exclusivamente por precipitação (TOGNELLA et al. 2016). Nas outras regiões, as florestas tiveram o domínio de *Laguncularia racemosa*. A densidade de troncos vivos variou de 429 a 14.800 tr.vivos.ha⁻¹, o DAP médio entre 2,74 a 14,65 cm, enquanto que a altura média foi de 2,34 a 4,98 m.

As florestas das regiões CA2F e CA3F podem ser classificadas como jovens, de colonização recente (Figura 45A), possuem baixa mortalidade que é uma das características do processo de inicial de ocupação de uma área pelo manguezal (JIMENEZ et al. 1980), após vencido o processo de competição por condições e recursos. Por outro lado, os manguezais lateríticos possuem um maior desenvolvimento estrutural (Figura 45B) e, exceto para réplica CA1bF que apresenta mortalidade elevada (Quadro 6), pode ser classificado como uma floresta mais desenvolvida apesar da baixa estatura. Este parâmetro nada mais é do que resposta aos tensores que estas florestas classificadas como franja (stricto sensu) na classificação de Lugo e Snedaker (1974).

A mortalidade observada em CA1bF encontra-se dentro dos picos normais de mortalidade para as florestas de mangue ou por substituição de árvores idosas ou por causas naturais (LUGO 1997) e dentro da porcentagem esperada numa floresta em desenvolvimento (JIMENEZ et al. 1985). Entretanto, as florestas de franja stricto sensu Lugo e Snedaker (1974) são bastante limitadas do aporte de nutrientes da água marinha costeira e, conseqüentemente, mas expostas aos contaminantes que nela houver.

Figura 45: Distribuição dos indivíduos amostrados nas estações da APA Costa das Algas. (A) Floresta de Franja Ponto 1 (RVS Alfredo Ruschi); (B) Floresta de Franja Ponto 2 e 3 (Rios Sauê e Sahy, respectivamente).



Fonte: Autoria própria.

A salinidade nesta localidade foi a mais elevada e ocorreu nas parcelas dos manguezais no sedimento laterítico como seria esperado sendo 37 no ponto 1, 40 no ponto 2 e 35 no ponto 3. A dominância de *A.schaeuriana* e *L. racemosa* nas florestas de mangue da RVS pode ser explicada pela alta salinidade do local. Os manguezais lateríticos estão situados diretamente na praia, onde o aporte de água doce é exclusivamente proveniente da chuva, fazendo com que a alta salinidade seja um tensor para a vegetação. Os manguezais possuem alta resiliência, mas quando há introdução de novos tensores distintos daqueles que condicionam os manguezais como ecossistema ou estes tensores sejam amplificados negativamente, perdem sua plasticidade e entram em colapso fazendo com que importantes funções sejam eliminadas (TWILLEY et al. 1996).

3.2.4 Barra do Riacho

As florestas de mangue que compõe o manguezal do rio Riacho em Barra do Riacho se apresentam como uma estreita faixa ao longo das margens o que torna a floresta de bacia bastante reduzida e próxima à de franja. Sendo assim, para garantir a independência entre as parcelas (GOTELLI e ELLISON, 2011) foram estabelecidas apenas parcelas nas franjas ao longo do estuário. Neste estuário só registrou a ocorrência de duas espécies de mangue *Laguncularia racemosa* e *Rhizophora mangle*.

Foram selecionados três pontos ao longo do estuário como na região do Rio Piraquê e nestes pontos cada parcela teve sua réplica, totalizando nove amostras. *L. racemosa* é a espécie dominante em todas as parcelas, os parâmetros de estrutura da floresta possuem variações entre mínimos e máximos como descrito a seguir: densidade de troncos de 4.667 a 17.500 tr.vivos.ha⁻¹; a altura média dos bosques de 3,74 a 6,24 m; diâmetro médio de 4,38 a 7,23 cm; área basal 16,02 a 39,25 m².ha⁻¹; número médio de troncos por indivíduos de 1,08 a 2,34 (Quadro 7).

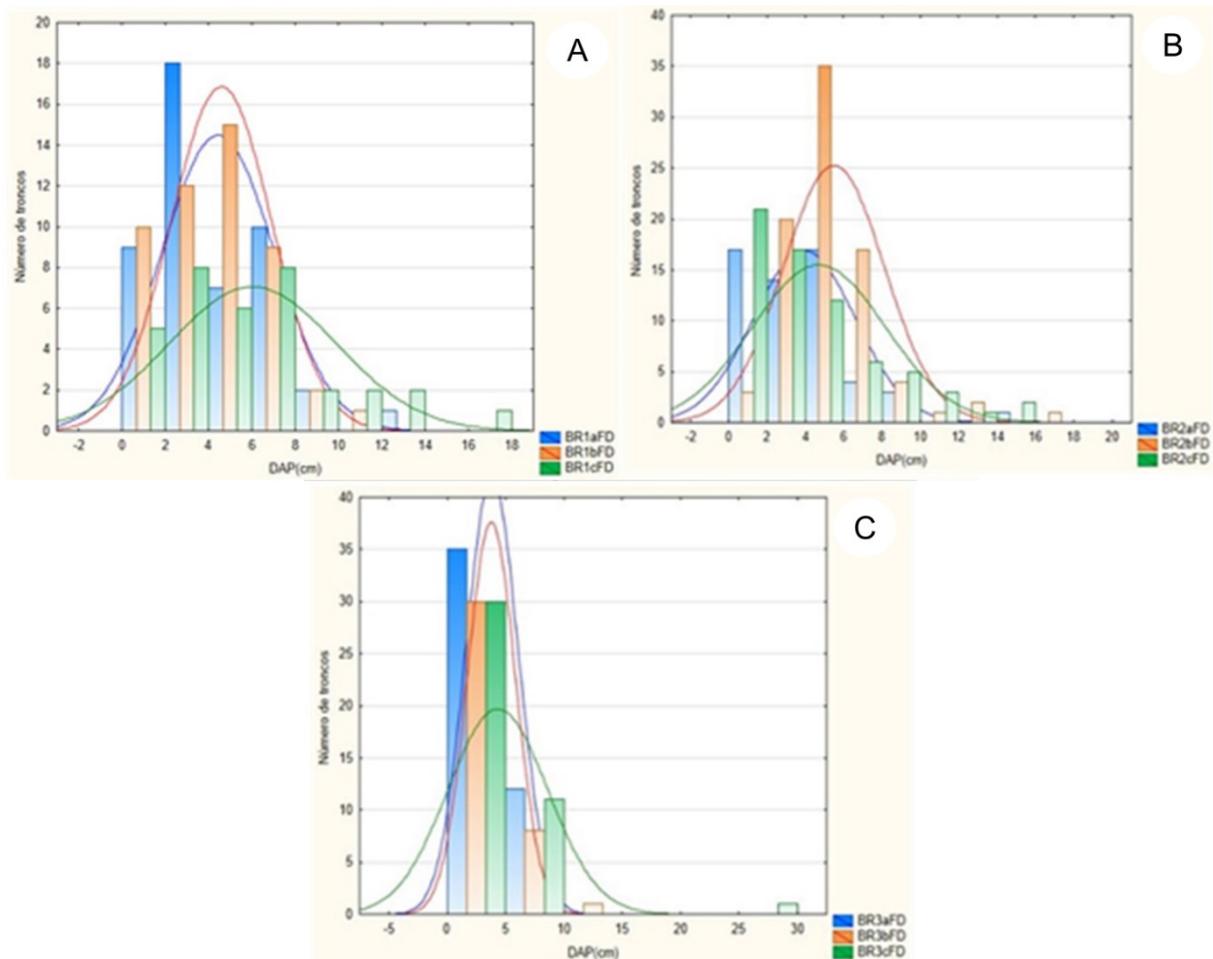
Quadro 7: Parâmetros estruturais das florestas de mangue de Barra do Riacho.

Local	Densidade (tr. vivos.ha ⁻¹)	DAP médio (cm)	Altura (m)		Área Basal Total (m ² .ha ⁻¹)	Contribuição em área basal (%)			Tronco /Indivíduo
			Média	Desvio padrão (±)		Espécie	viva	morta	
BR1aFD	7.333	5,24	6,03	2,24	16,02	<i>A. schaueriana</i>	0,00	0,00	1,15
						<i>L.racemosa</i>	70,88	1,02	
						<i>R. mangle</i>	28,01	0,08	
BR1bFD	4.667	6,53	6,24	2,60	16,70	<i>A. schaueriana</i>	0,00	0,00	1,14
						<i>L.racemosa</i>	77,81	5,89	
						<i>R. mangle</i>	15,68	0,61	
BR1cFD	5.333	7,23	4,99	3,09	22,37	<i>A. schaueriana</i>	0,00	0,00	1,14
						<i>L.racemosa</i>	81,31	2,08	
						<i>R. mangle</i>	16,60	0,00	
BR2aFD	8.636	4,84	4,32	1,43	22,13	<i>A. schaueriana</i>	1,63	0,00	1,87
						<i>L.racemosa</i>	68,38	28,27	
						<i>R. mangle</i>	1,71	0,00	
BR2bFD	10.606	6,07	5,32	1,25	35,91	<i>A. schaueriana</i>	0,00	0,00	2,34
						<i>L.racemosa</i>	85,51	14,49	
						<i>R. mangle</i>	0,00	0,00	
BR2cFD	8.788	5,58	3,74	1,66	26,66	<i>A. schaueriana</i>	0,00	0,00	2,03
						<i>L.racemosa</i>	79,28	19,44	
						<i>R. mangle</i>	1,28	0,00	
BR3aFD	17.500	4,45	4,68	2,24	29,49	<i>A. schaueriana</i>	0,00	0,00	1,18
						<i>L.racemosa</i>	90,81	7,91	
						<i>R. mangle</i>	1,28	0,00	
BR3bFD	14.583	4,38	4,52	2,66	23,04	<i>A. schaueriana</i>	0,00	0,00	1,08
						<i>L.racemosa</i>	90,97	4,46	
						<i>R. mangle</i>	3,07	0,00	
BR3cFD	13.333	6,12	4,09	2,88	39,25	<i>A. schaueriana</i>	0,00	0,00	1,11
						<i>L.racemosa</i>	99,20	0,00	
						<i>R. mangle</i>	0,80	0,00	

Fonte: Autoria própria.

No que diz respeito ao desenvolvimento estrutural, este estuário só terá estes dados avaliados após as análises de estatística e de ajuste da distribuição de frequência dos indivíduos por classe de diâmetros para uma distribuição normal, logarítmica ou exponencial. No ponto 2 (BR2FD) foi possível observar manchas avermelhadas nos troncos das árvores, sedimento e no banco de plântulas (Figura 46). Os dados de salinidade neste estuário foram bastante baixos sendo a maior salinidade na foz (Ponto 1) com 9, o ponto 2 registrou 3 psu e o ponto 3 tinha salinidade de 5 psu. Estes valores de salinidade podem ser um indicativo de ausência de *A. schaueriana* neste estuário uma vez que a espécie tem preferência por locais mais salinos (Ball, 1988).

Figura 46: Distribuição dos troncos por diâmetro no estuário do Rio Riacho. (A) Floresta de Franja no ponto 1. (B) Floresta de Franja no ponto 2. (C) Floresta de Franja no ponto 3.



Fonte: Autoria própria.

Durante as amostragens foram observados depósitos de lama avermelhada sobre o tronco das árvores e sobre o sedimento no interior das parcelas (Figura 47). De acordo com relatos da comunidade para a coordenação do Anexo 5 houve ingresso de lama proveniente da pluma de rejeitos da barragem de Fundão. Os relatos orais foram gravados e anotados por estudantes de pós-graduação do Programa em Oceanografia Ambiental durante a disciplina de Manguezal e Sociedade ministrada pela coordenadora em 2018.

Depósitos de lama sobre as plantas podem ocorrer nos manguezais em momentos de grande vazão de água doce. Este aspecto foi observado pela coordenação nos manguezais das ilhas do Rio São Mateus, logo após os eventos de cheia em 2010 (Figura 48). Entretanto, a experiência da coordenação é que o período de permanência destes depósitos são curtos e pontuais, não sendo uma característica comum nos manguezais uma vez que todas as espécies apresentam mecanismos e estruturas anatômica que permitam as trocas gasosas durante as marés enchentes para oxigenação dos tecidos de caule e raiz das plantas (TOMLINSON, 1986). Ao se lavar esfregando os troncos, estes depósitos avermelhados (Figura 47) são difíceis de serem retirados.

Figura 47: Imagens de campo obtidas durante a realização das parcelas no rio Riacho. Observar na imagem com escala o nível médio de inundação (faixa marrom escuro) no tronco de *L. racemosa* e o nível mais elevado de marca contendo depósitos de lama avermelhada. A imagem da floresta de franja descreve o depósito de lama vermelha sobre os rizóforos da *R. mangle*.



Fonte: Autoria própria.

Figura 48: Imagem obtida na Ilha São João no Rio São Mateus em 2010, após evento de intensa chuva na calha do rio. Nota-se no tronco de *Avicennia schaueriana* e de *Laguncularia racemosa* as marcas mais frequentes de inundação pela maré (em torno de 10 cm nos troncos) e as marcas no tronco à esquerda próximo a 40 cm de altura.



Fonte: Mônica Tognella.

3.2.5 Rio Doce

O rio Doce não possui manguezais associados à sua foz devido à alta hidrodinâmica da foz e predomínio de vazão do rio em detrimento da intrusão de maré, o que impossibilita o estabelecimento dos propágulos, além disso, a baixa salinidade da área faz com que as espécies de mangue percam espaço para as glicófitas e/ou halófitas facultativas.

Os parâmetros estruturais para a foz do rio doce foram avaliados em *Talipariti pernambucensi* (Arruda (Bovini 2010)) cuja maior densidade encontrada foi no ponto RDP2 com 28571,43 tr.ind.ha⁻¹ com altura média variando de 1,40 a 1,59, e, DAP médio de 1,46 a 1,74 cm (Quadro 8).

Quadro 8: Parâmetros estruturais da vegetação halófitas nas regiões amostrais do Rio Doce.

Local	Densidade (tr.vivos.ha ⁻¹)	DAP médio (cm)	Altura (m)		Área Basal Total (m ² .ha ⁻¹)	Contribuição em área basal (%)		
			Média	Desvio padrão (±)		Espécie	viva	Morta
RDP1	50.000	1,49	1,40	0,43	8,74	<i>Talipariti pernambucensi</i>	100,00	0,00
RDP2	28.571	1,46	1,58	0,40	4,77	<i>Talipariti pernambucensi</i>	100,00	0,00
RDP3	34.286	1,74	1,59	0,44	8,18	<i>Talipariti pernambucensi</i>	100,00	0,00

Fonte: Autoria própria.

A metodologia utilizada para o estudo da estrutura de *T. pernambucensi* foi adaptada de Schaeffer-Novelli e Cintron (1986) uma vez que o método mais usual de análise de herbácea é por ponto de ocorrência no transecto. Desta forma, cada tronco observado foi considerado um indivíduo porque organismos modulares que possuem aspectos prostados ficam mais difíceis de serem individualizados. Estes indivíduos estão sendo quantificados em termos de estrutura para que se possa correlacionar os dados estruturais com os parâmetros fisiológicos que serão avaliados. Ainda que seus resultados serão dados em unidades de massa.

3.2.6 Urussuquara

No estuário do rio Ipiranga em Urussuquara (Barra Seca) foram estabelecidas 11 parcelas fixas sendo nove de franja e duas de bacia pelos mesmos problemas de análise estatística dos dados conforme relatado para o Rio Riacho. O DAP médio varia 3,02 a 24,33 cm, a altura média e a densidade estão no intervalo de dados mínimos e máximos de 3,38 a 7,67 m e 1000 a 22.800,00 tr.vivos.ha⁻¹, respectivamente. A área basal compreendeu valores entre 17,27 e 68,17 m².ha⁻¹. Em média, foram observados entre 1,27 e 3,0 troncos por indivíduos (Quadro 9).

Este estuário é bastante particular e compreende o rio Ipiranga que na altura da antiga Lagoa do Suruaca se une ao rio Barra Seca e vão constituir o Rio Urussuquara, onde as três espécies de mangue *Rhizophora mangle* L.; *Laguncularia racemosa* (L.) C.F.Gaertn e *Avicennia germinans* (L.) L. foram observadas. Este é o primeiro estuário entre as localidades de monitoramento que apresenta a espécie *A. germinans* em detrimento de *A. schaueriana*. A primeira espécie, no Brasil, ocorre em locais onde há menor salinidade e em solos menos drenados, esta capacidade de colonizar ambientes mais

dulcícolas decorre da habilidade que esta halófito apresenta em expelir K^+ no lugar de Na^+ (SUAREZ e MEDINA, 2008) e com isto mantendo a pressão osmótica necessária para a ascensão da seiva bruta. As espécies de halófitas ou glicófitas que conseguem utilizar o K^+ na obtenção de água em detrimento do Na^+ evitam as injúrias provocadas pelo excesso de íons de Na^+ no interior da célula (MEDINA et al., 1990). Jimenez (s.d.) descreve *A. germinans* como sendo a espécie com habilidade para colonizar os mais diversos habitats (pouco ou muito inundado; com salinidade elevada ou quase ausente, granulometria grosseira ou fina, matéria orgânica abundante ou não). Os sedimentos do Rio Amazonas são carregados pela Corrente Norte do Brasil formando vastos depósitos na costa do Suriname onde são formadas extensas planícies com depósitos secundários de pirita, estas regiões costeiras são colonizadas por *A. germinans* (AUGUSTINUS e SLAGER, 1970). Entretanto, estes autores afirmam que a pirita existente não oxida nos locais onde as florestas de *A. germinans* estão vivas.

L. racemosa é a espécie mais abundante neste estuário estando presente em todas as estações, e domina em área basal em 90% das florestas, sendo que em três estações houve mortalidade acima de 15% em relação aos vivos, entretanto, ainda dentro do limite proposto por Jimenez et al (1980) de mortalidade esperada com normal nos processos de desenvolvimento das florestas de manguezal (19%).

Quadro 9: Parâmetros estruturais das florestas de mangue de Urussuquara.

Local	Densidade (tr.vivos. ha ⁻¹)	DAP médio (cm)	Altura (m)		Área Basal Total (m ² .ha ⁻¹)	Contribuição em área basal (%)			Tronco /Indivíduo
			Média	Desvio padrão (±)		Espécie	viva	morta	
UR1aFE	3.182	9,51	5,79	1,86	26,59	<i>A. germinans</i>	1,00	0,00	2,47
						<i>L.racemosa</i>	84,07	14,93	
						<i>R. mangle</i>	0,00	0,00	
UR1bFE	3.273	8,53	6,26	2,42	18,69	<i>A. germinans</i>	0,00	0,00	2,26
						<i>L.racemosa</i>	99,86	0,00	
						<i>R. mangle</i>	0,14	0,00	
UR1cFE	4.545	9,23	5,49	2,46	36,69	<i>A. germinans</i>	0,00	0,00	3
						<i>L.racemosa</i>	82,79	17,04	
						<i>R. mangle</i>	0,16	0,00	
UR2aFD	9.244	9,49	6,70	2,89	68,17	<i>A. germinans</i>	22,83	1,73	2,03
						<i>L.racemosa</i>	73,12	2,32	
						<i>R. mangle</i>	0,00	0,00	
UR2bFD	10.156	8,50	7,67	3,17	60,27	<i>A. germinans</i>	25,36	3,60	2,38
						<i>L.racemosa</i>	70,30	0,74	
						<i>R. mangle</i>	0,00	0,00	
UR2cFD	4.870	9,49	7,02	2,75	35,92	<i>A. germinans</i>	0,00	0,00	2,38
						<i>L.racemosa</i>	95,97	4,03	
						<i>R. mangle</i>	0,00	0,00	
UR3aFE	4.091	6,28	5,48	4,12	17,27	<i>A. germinans</i>	12,22	2,00	2,39
						<i>L.racemosa</i>	61,22	24,56	
						<i>R. mangle</i>	0,00	0,00	
UR3bFE	1.000	24,33	5,86	1,58	46,55	<i>A. germinans</i>	90,96	0,00	2,06
						<i>L.racemosa</i>	8,89	0,15	
						<i>R. mangle</i>	0,00	0,00	
UR3cFE	22.800	3,02	3,38	1,22	25,75	<i>A. germinans</i>	2,93	0,00	1,36
						<i>L.racemosa</i>	57,44	36,68	
						<i>R. mangle</i>	2,95	0,00	

Local	Densidade (tr.vivos. ha ⁻¹)	DAP médio (cm)	Altura (m)		Área Basal Total (m ² .ha ⁻¹)	Contribuição em área basal (%)			Tronco /Indivíduo
			Média	Desvio padrão (±)		Espécie	viva	morta	
UR3aBE	5.900	8,88	7,51	4,25	37,86	<i>A. germinans</i>	30,14	0,00	1,27
						<i>L.racemosa</i>	66,47	3,40	
						<i>R. mangle</i>	0,00	0,00	
UR3bBE	27.200	4,96	3,23	1,10	54,22	<i>A. germinans</i>	0,00	0,00	1,35
						<i>L.racemosa</i>	97,09	2,91	
						<i>R. mangle</i>	0,00	0,00	

Fonte: Autoria própria.

A estação UR3BE apresentou o menor desenvolvimento estrutural sendo bosques recém colonizados com dominância de *L. racemosa* nas duas réplicas desta estação. O maior desenvolvimento estrutural foi observado na estação UR3bFE são bosques colonizados por *A. germinans* onde a espécie é responsável por 90% de contribuição da área basal.

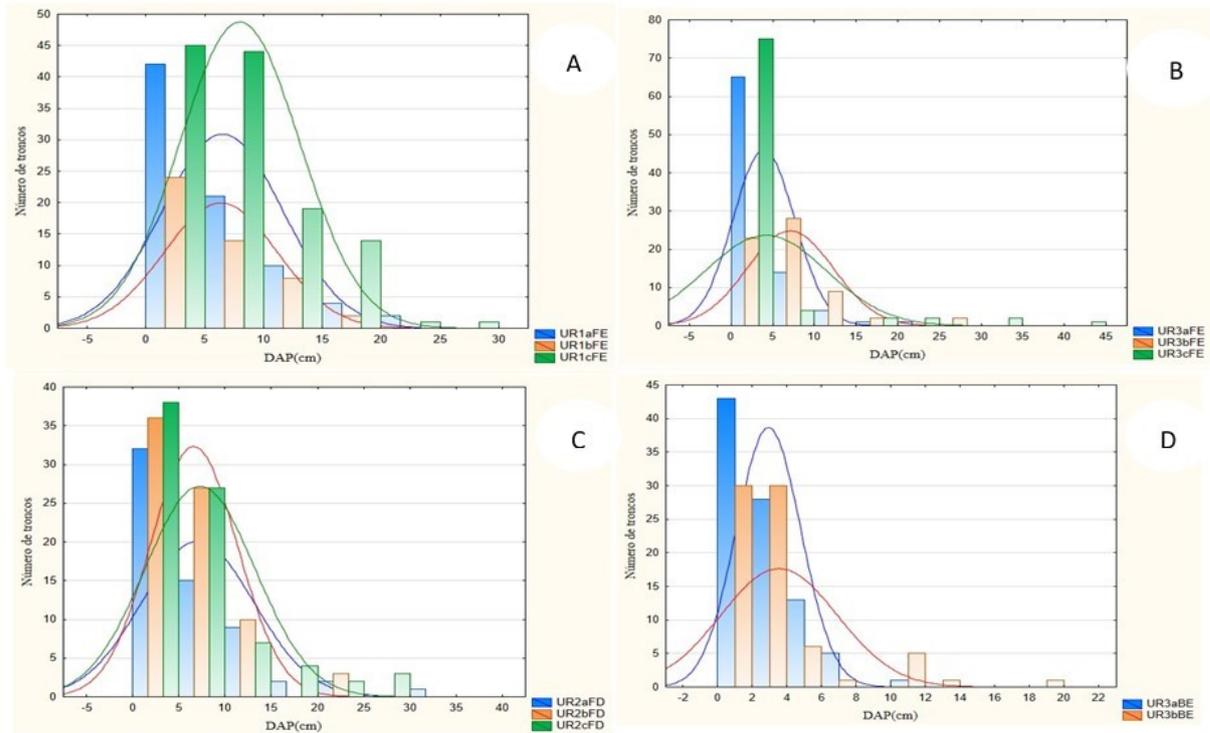
Os bosques de franja são mais desenvolvidos estruturalmente do que os de bacia em todas estações (Figura 49). No estuário do rio Ipiranga também assim como em Barra do Riacho também foi possível observar manchas avermelhadas na vegetação (Figura 50).

Os dados de salinidade registrados foram de 6 psu para a floresta de bacia no ponto 3 e onde ocorreu 27 de salinidade na franja sendo este ponto bastante interessante sob o ponto de vista de entendimento ecológico da integração das duas espécies que se alternam no domínio das réplicas e parcelas. Isto reforça os resultados obtidos por Sobrado e Ewe (2006) onde reforçam as características similares entre as espécies na preferência pelo uso de K⁺ em detrimento de Na⁺ que favorece a obtenção de água em solos hipersalinos e com alta permeabilidade.

Os dados de distribuição de diâmetros (Figura 49) é possível avaliar que os bosques possuem árvores de grande porte, isto é, maiores que 25 cm de diâmetro, por outro lado, é nítido o processo de colonização recente por jovens nas parcelas das florestas de franja nos três pontos do estuário. O ponto 1 representa o ingresso de jovens de *R. mangle*.

Este estuário por ocasião da seleção dos pontos e delimitações das parcelas e durante a expedição para estabelecimento dos pontos geodésicos, a coordenadora do anexo coletou rizóforos de *R. mangle* no Rio Ipiranga que estavam impregnados de depósitos de ferro. Este material encontra-se em laboratório para ser encaminhado a laboratório adequado a análises de anatomia vegetal para identificação de impregnações nos tecidos. De antemão, cabe ressaltar que não entendemos que os depósitos podem ter se originado dos rejeitos da barragem de Fundão. Mas por outro lado vai contribuir para entender o papel do Fe na ecofisiologia das espécies de mangue.

Figura 49: Distribuição dos indivíduos amostrados nas estações do Rio Urussuquara. (A) Floresta de Franja Ponto 1; (B) Floresta de Franja Ponto 3; (C) Floresta de Franja Ponto 2; (D) Floresta de Baía Ponto 3.



Fonte: Autoria própria.

Figura 50: Manchas avermelhadas nas árvores de mangue do estuário do rio Ipiranga em Urussuquara.



Fonte: Autoria própria.

Cabe destacar nesta localidade que as taxas de mortalidade registradas são similares aquelas observadas neste monitoramento e nos dados pretéritos da coordenadora do Anexo 5 (Mônica Tognella) para a região do Rio Piraquê-Mirim. Outros sistemas estuarinos no norte onde houve análise da estrutura pela coordenação, anterior ao evento, a taxa de mortalidade foi mais baixa, sendo estes rios: Mariricu, São Mateus, Itaúnas e Mucuri. Nos estudos desta coordenadora na região de Ilhéus (BA), São Luís (MA) e em Santa Catarina (diversas publicações) houve registro de mortalidade similares.

3.2.7 Barra Nova

No estuário do rio Mariricu foram estabelecidas 18 parcelas fixas dentro do planejamento amostral. Três espécies de mangue foram identificadas: *Rhizophora mangle* L.; *Laguncularia racemosa* (L.) C.F.Gaertn e *Avicennia schaueriana* Stapf & Leechm. ex Moldenke.

L. racemosa foi a espécie dominante em 89% das estações, formando bosques monoespecíficos em 6 parcelas localizadas nos pontos 1 e 3. As estações avaliadas apresentam variabilidade estrutural. A densidade de troncos vivos varia de 900 a 12.800,00 tr.vivos.ha⁻¹, o DAP médio de 3,69 a 19,05 cm. (Quadro 10). A área basal variou de 4,99 a 87,47 m².ha⁻¹. As florestas estudadas apresentaram média de 1,0 a 2,3 troncos por indivíduo.

Quadro 10: Parâmetros estruturais das florestas de mangue de Barra Nova.

Local	Densidade (tr. vivos.ha ⁻¹)	DAP médio (cm)	Altura (m)		Área Basal Total (m ² .ha ⁻¹)	Contribuição em área basal (%)			Tronco /Indivíduo
			Média	Desvio padrão (±)		Espécie	viva	Morta	
BN1aFD	900	16,14	-	-	18,92	<i>A. schaueriana</i>	0,00	0,00	1,23
						<i>L.racemosa</i>	6,36	0,00	
						<i>R. mangle</i>	90,92	2,72	
BN1bFD	1.000	16,66	-	-	23,04	<i>A. schaueriana</i>	0,00	0,00	1,27
						<i>L.racemosa</i>	0,00	2,88	
						<i>R. mangle</i>	94,65	2,46	
BN1cFD	925	19,05	-	-	27,19	<i>A. schaueriana</i>	0,00	0,00	1,19
						<i>L.racemosa</i>	0,00	0,00	
						<i>R. mangle</i>	96,99	3,01	
BN1aBD	3.958	3,69	2,15	0,48	5,78	<i>A. schaueriana</i>	20,77	0,00	2,2
						<i>L.racemosa</i>	52,63	26,60	
						<i>R. mangle</i>	0,00	0,00	
BN1bBD	4.267	3,86	1,99	0,46	5,17	<i>A. schaueriana</i>	41,79	3,21	2,3
						<i>L.racemosa</i>	53,01	0,00	
						<i>R. mangle</i>	1,77	0,23	
BN1cBD	3.000	4,41	1,96	0,25	4,99	<i>A. schaueriana</i>	0,00	0,00	1,69
						<i>L.racemosa</i>	91,77	8,23	
						<i>R. mangle</i>	0,00	0,00	
BN2aFD	10.000	5,68	4,51	2,76	31,28	<i>A. schaueriana</i>	7,78	0,00	1,07
						<i>L.racemosa</i>	60,54	18,68	
						<i>R. mangle</i>	12,63	0,36	
BN2bFD	11.600	5,75	5,07	2,45	32,28	<i>A. schaueriana</i>	0,00	0,00	1,06
						<i>L.racemosa</i>	41,04	6,04	
						<i>R. mangle</i>	52,31	0,61	
BN2cFD	12.800	5,42	6,49	1,64	33,80	<i>A. schaueriana</i>	4,22	0,00	1,1
						<i>L.racemosa</i>	64,08	2,32	
						<i>R. mangle</i>	19,13	10,25	
BN2aBD	4.524	4,76	2,39	0,75	8,80	<i>A. schaueriana</i>	0,00	0,00	1,4
						<i>L.racemosa</i>	82,01	8,45	
						<i>R. mangle</i>	7,68	0,00	
BN2bBD	8.929	4,26	2,68	0,85	14,06	<i>A. schaueriana</i>	4,25	0,00	1,44
						<i>L.racemosa</i>	86,35	9,41	
						<i>R. mangle</i>	0,00	0,00	
BN2cBD	10.595	3,96	2,57	0,83	15,67	<i>A. schaueriana</i>	1,60	0,00	1,46
						<i>L.racemosa</i>	81,63	16,77	
						<i>R. mangle</i>	0,00	0,00	
BN3aFD	10.000	8,70	5,96	2,96	75,72	<i>A. schaueriana</i>	0,00	0,00	1,09
						<i>L.racemosa</i>	78,56	17,29	
						<i>R. mangle</i>	0,00	0,00	

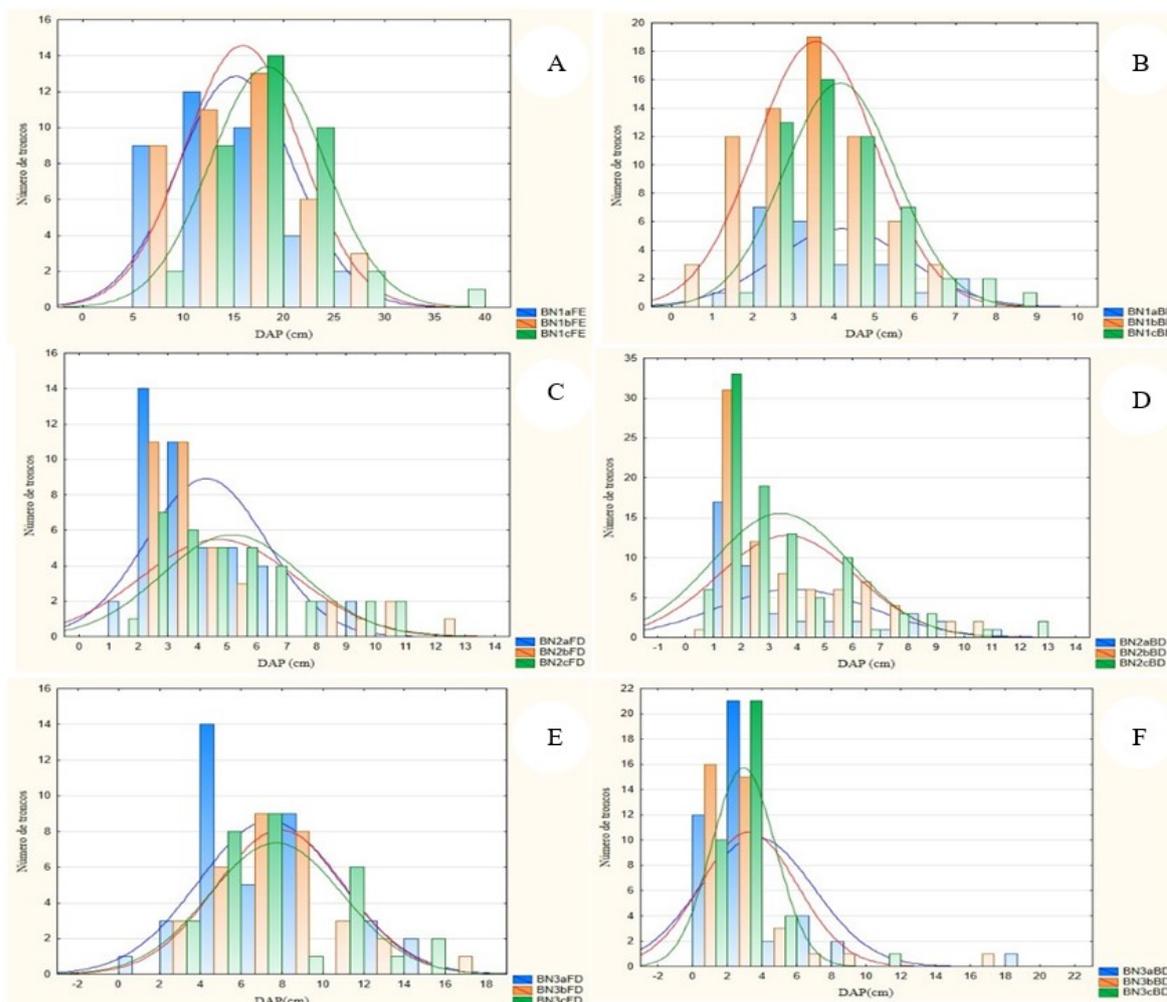
Local	Densidade (tr. vivos.ha ⁻¹)	DAP médio (cm)	Altura (m)		Área Basal Total (m ² .ha ⁻¹)	Contribuição em área basal (%)			Tronco /Indivíduo
			Média	Desvio padrão (±)		Espécie	viva	Morta	
BN3bFD	10.800	8,62	5,35	3,16	71,97	<i>A. schaueriana</i>	0,00	0,00	1,07
						<i>L.racemosa</i>	87,60	12,40	
						<i>R. mangle</i>	0,00	0,00	
BN3cFD	5.600	9,89	4,33	2,90	64,95	<i>A. schaueriana</i>	0,00	0,00	1
						<i>L.racemosa</i>	66,24	33,76	
						<i>R. mangle</i>	0,00	0,00	
BN3aBD	41.111	5,12	3,93	1,77	87,47	<i>A. schaueriana</i>	0,00	0,00	1,05
						<i>L.racemosa</i>	96,79	3,21	
						<i>R. mangle</i>	0,00	0,00	
BN3bBD	28.889	4,67	3,66	2,51	57,18	<i>A. schaueriana</i>	0,00	0,00	1,16
						<i>L.racemosa</i>	86,58	13,42	
						<i>R. mangle</i>	0,00	0,00	
BN3cBD	30.000	3,77	3,76	1,92	36,46	<i>A. schaueriana</i>	0,00	0,00	1,03
						<i>L.racemosa</i>	91,74	8,26	
						<i>R. mangle</i>	0,00	0,00	

Fonte: Autoria própria.

O maior desenvolvimento estrutural é observado em BN1FE onde a espécie *R. mangle* é dominante, sendo esta região extremamente favorável à colonização e permanência desta espécie, isto é, próxima a abertura da foz, com sedimentos finos e elevada frequência de inundação (CINTRON e SCHAEFFER-NOVELLI, 1983; ZAMPROGNO et al, 2016). O menor desenvolvimento ocorreu em BN3BD (Figura 51), com domínio de *L. racemosa* e bastante similar as outras réplicas deste ponto. As taxas de mortalidade estão praticamente concentradas na espécie *L. racemosa*, exceto para o ponto 2 (BN2FD) onde *R. mangle* tem 10% de mortos. É preocupante a taxa de mortalidade de *L. racemosa*, pois está no limite ou ultrapassou considerado por Jimenez et al. (1985) como esperado durante as fases de evolução do ecossistema.

Na distribuição de diâmetro por classes (Figura 51), o Ponto 1 registra árvores com diâmetro acima de 25 cm em todas as réplicas. As demais florestas estão em desenvolvimento, com os maiores diâmetros das árvores abaixo de 20,0 cm.

Figura 51: Distribuição dos diâmetros no Rio Mariricu. (A) Florestas de Franja Ponto 1; (B) Florestas de Bacia Ponto 1; (C) Florestas de Franja Ponto 2; (D) Florestas de Bacia Ponto 2; (E) Florestas de Franja Ponto 3 e (F) Florestas de Bacia Ponto 3.



Fonte: Autoria própria.

Tomando como base os dados de diâmetro médio, os bosques de franja são mais desenvolvidos do que os de bacia. A salinidade variou de 3 (BN3FD) a 35 (BN1BE), somente o ponto 3 apresentou baixa salinidade e a floresta está em desenvolvimento (Quadro 11).

Quadro 11: Dados de salinidade obtidos no Rio Mariricu. Legenda: S. P. (Sem Parcela).

Rio Mariricu (Barra Nova)		Salinidade (psu)	
Ponto	Floresta	Margem Direita	Margem Esquerda
PBN1	Franja	S. P.	29
PBN1	Bacia		35
PBN2	Franja	27	S. P.
PBN2	Bacia	33	
PBN3	Franja	3	
PBN3	Bacia	3	

Fonte: Autoria própria.

3.2.8 São Mateus

No estuário do rio São Mateus foram identificadas as quatro espécies de mangue que ocorrem no Espírito Santo (SCHAEFFER-NOVELLI, 1991): *Rhizophora mangle*; *Laguncularia racemosa*, *Avicennia schaueriana* e *Avicennia germinans*.

Até o momento, foram instaladas 22 parcelas fixas ao longo do estuário em ambas as margens do rio (Quadro 12). *R. mangle* foi a espécie dominante em área basal, a densidade de indivíduos varia de 853,33 a 50.000,00 tr.vivos.ha⁻¹, o DAP médio e Altura estão entre 3,28 a 17,63 cm e 2,88 a 14,19 m, respectivamente. A área basal variou de 13,62 a 66,82 m².ha⁻¹. As florestas estudadas apresentaram média de 1,03 a 2,47 troncos por indivíduo e seis parcelas apresentaram uma alta contribuição de mortos com mais de 15% da sua área basal morta.

Quadro 12: Parâmetros estruturais dos bosques de mangue do rio São Mateus.

Local	Densidade (tr. vivos.ha ⁻¹)	DAP médio (cm)	Altura (m)		Área Basal Total (m ² .ha ⁻¹)	Contribuição em área basal (%)			Tronco /Indivíduo
			Média	Desvio padrão (±)		Espécie	viva	morta	
SM1aFD	2089	12,09	8,69	2,90	24,16	<i>A. schaueriana</i>	0,00	0,00	1,55
						<i>L.racemosa</i>	0,00	0,00	
						<i>R. mangle</i>	99,21	0,79	
SM1bFD	1563	10,82	5,92	1,69	15,84	<i>A. schaueriana</i>	0,16	1,24	1,45
						<i>L.racemosa</i>	26,15	5,31	
						<i>R. mangle</i>	64,35	2,79	
SM1cFD	1778	13,99	8,47	2,82	29,08	<i>A. schaueriana</i>	1,13	0,00	1,34
						<i>L.racemosa</i>	4,54	0,00	
						<i>R. mangle</i>	88,24	6,09	
SM1aBD	8889	4,20	2,88	1,79	19,10	<i>A. schaueriana</i>	0,00	0,00	1,45
						<i>L.racemosa</i>	62,51	35,64	
						<i>R. mangle</i>	1,85	0,00	
SM1bBD	15278	4,54	3,67	1,58	26,40	<i>A. schaueriana</i>	0,00	0,00	1,38
						<i>L.racemosa</i>	81,98	6,18	
						<i>R. mangle</i>	11,84	0,00	
SM1cBD	18611	4,53	3,78	2,19	30,73	<i>A. schaueriana</i>	0,00	0,00	2
						<i>L.racemosa</i>	97,40	2,60	
						<i>R. mangle</i>	0,00	0,00	
SM3FD	3111	9,99	5,61	1,94	24,41	<i>A. schaueriana</i>	0,00	0,00	2,03
						<i>L.racemosa</i>	99,91	0,09	
						<i>R. mangle</i>	0,00	0,00	
SM3BD	4082	6,51	7,84	1,32	13,62	<i>A. schaueriana</i>	0,00	0,00	2,47
						<i>L.racemosa</i>	99,64	0,36	
						<i>R. mangle</i>	0,00	0,00	
SM1aFE	1182	15,45	7,41	5,30	22,15	<i>A. schaueriana</i>	10,11	0,00	1,37
						<i>L.racemosa</i>	0,49	0,00	
						<i>R. mangle</i>	89,41	0,00	
SM1bFE	1075	17,63	14,19	3,31	27,63	<i>A. schaueriana</i>	0,00	0,00	1,37
						<i>L.racemosa</i>	8,00	2,28	
						<i>R. mangle</i>	86,96	2,76	
SM1aBE	35556	4,64	5,22	1,61	65,92	<i>A. schaueriana</i>	0,00	0,00	1,16
						<i>L.racemosa</i>	55,32	6,99	
						<i>R. mangle</i>	35,87	1,81	
SM1bBE	50000	4,01	4,41	1,57	66,82	<i>A. schaueriana</i>	0,00	0,00	1,11
						<i>L.racemosa</i>	78,42	5,64	
						<i>R. mangle</i>	15,93	0,00	

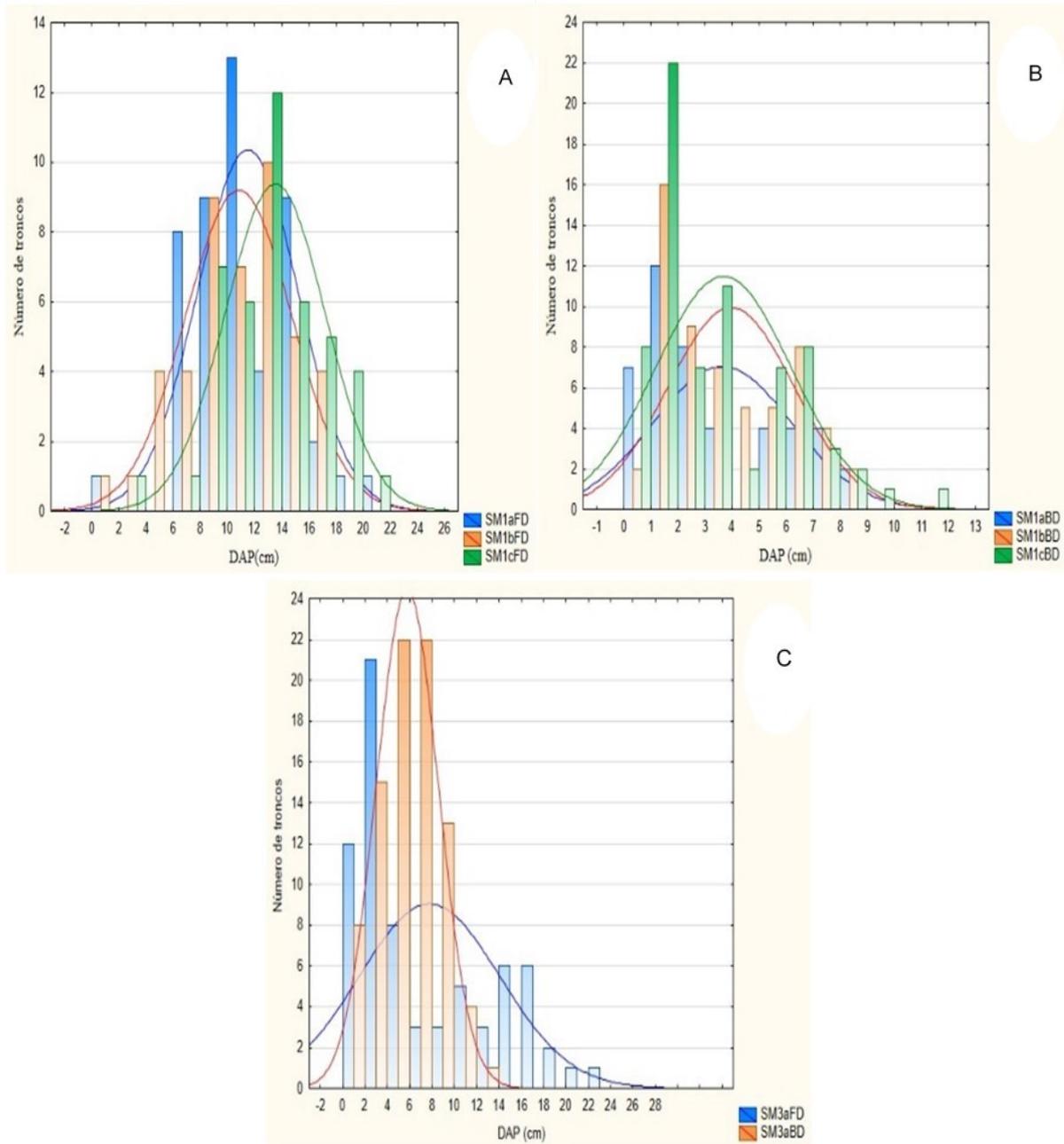
Local	Densidade (tr. vivos.ha ⁻¹)	DAP médio (cm)	Altura (m)		Área Basal Total (m ² .ha ⁻¹)	Contribuição em área basal (%)			Tronco /Indivíduo
			Média	Desvio padrão (±)		Espécie	viva	morta	
SM1cBE	33333	3,28	4,27	1,81	29,74	<i>A. schaueriana</i>	0,00	0,00	1,03
						<i>L.racemosa</i>	94,82	5,18	
						<i>R. mangle</i>	0,00	0,00	
SM2aFE	6327	6,45	4,73	2,54	28,82	<i>A. schaueriana</i>	0,00	0,00	1,32
						<i>L.racemosa</i>	68,46	28,30	
						<i>R. mangle</i>	3,19	0,05	
SM2bFE	4444	5,56	5,85	3,51	14,46	<i>A. schaueriana</i>	0,00	0,00	1,26
						<i>L.racemosa</i>	74,04	25,31	
						<i>R. mangle</i>	0,65	0,00	
SM2cFE	5556	7,67	4,63	2,63	33,41	<i>A. schaueriana</i>	0,00	0,00	1,41
						<i>L.racemosa</i>	76,22	23,09	
						<i>R. mangle</i>	0,69	0,00	
SM2aBE	853	13,48	9,05	4,50	16,16	<i>A. schaueriana</i>	0,00	0,00	1,7
						<i>L.racemosa</i>	65,06	21,93	
						<i>R. mangle</i>	10,30	2,71	
SM2bBE	2353	6,12	5,46	3,03	13,90	<i>A. schaueriana</i>	0,00	0,00	1,58
						<i>L.racemosa</i>	47,21	50,15	
						<i>R. mangle</i>	2,63	0,00	
SM2cBE	2193	9,08	7,96	2,81	18,13	<i>A. schaueriana</i>	0,00	0,00	1,58
						<i>L.racemosa</i>	49,56	21,67	
						<i>R. mangle</i>	28,76	0,00	
SM3BE	4667	7,93	4,12	2,12	24,13	<i>A. schaueriana</i>	41,66	0,00	1,32
						<i>L.racemosa</i>	34,01	3,97	
						<i>R. mangle</i>	19,99	0,38	

Fonte: Autoria própria.

Dados pretéritos da coordenação do Anexo identificam somente duas parcelas de 33 ao longo do Rio São Mateus com dados de mortalidade elevada, acima de 18%, sendo uma das parcelas com domínio de *R. mangle* e a outra de *L. racemosa*. Entretanto, os dados atuais não registram mortalidade elevada para *R. mangle*.

As estações de franja apresentaram um maior desenvolvimento estrutural quando comparadas com as estações de bacia, com exceção da estação SM2BD para ambas as margens (Figura 52), o bosque mais desenvolvido foi o SM1FE (Figura 53).

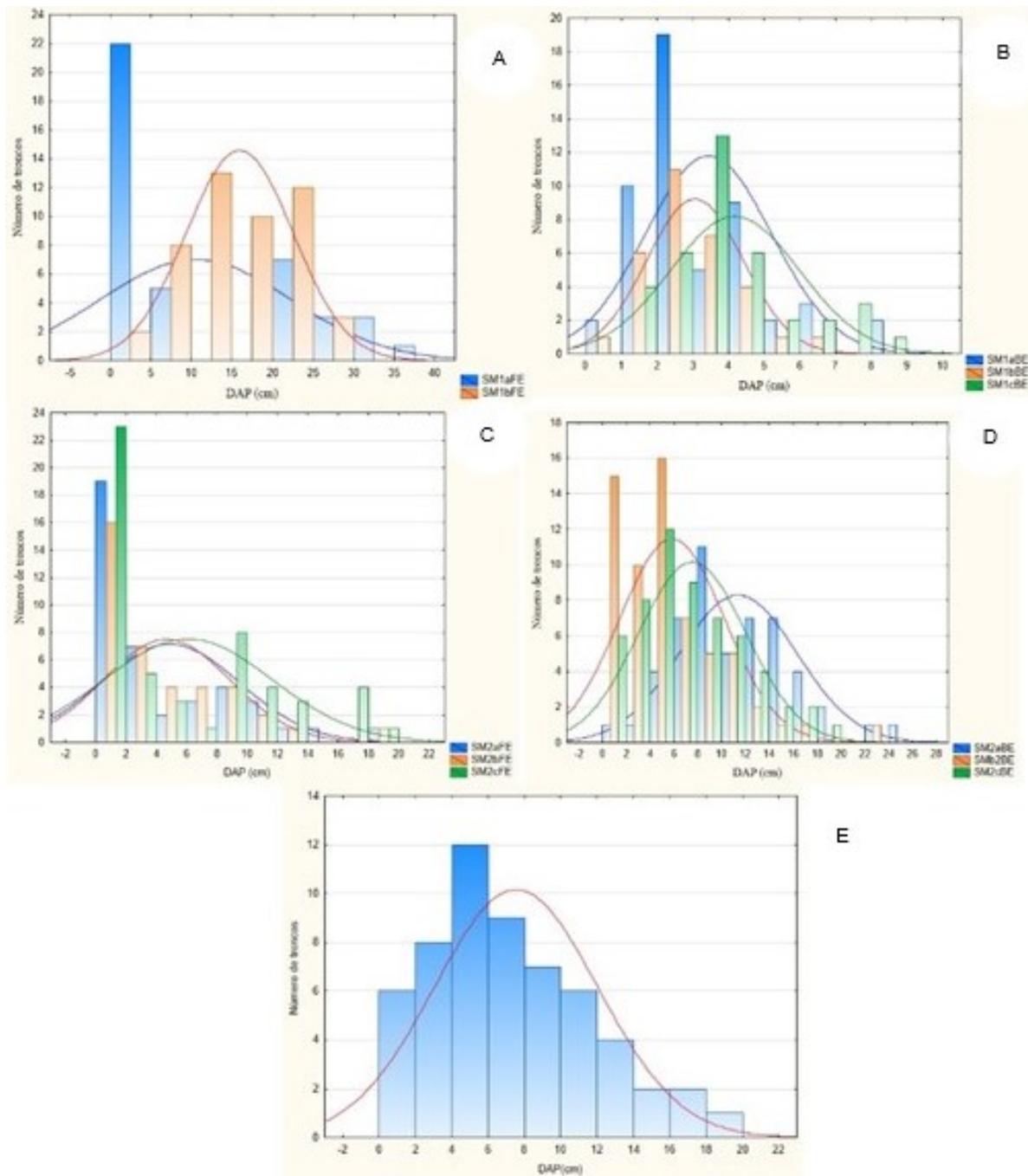
Figura 52: Distribuição dos troncos pelo diâmetro, nas estações da margem direita do estuário do rio São Mateus. (A) Floresta de Franja Ponto 1; (B) Florestas de Bacia Ponto 1; (C) Florestas de Franja e Bacia do ponto 3.



Fonte: Autoria própria.

A salinidade amostrada nas estações no estuário do rio São Mateus variou de 3 (SM3FD) a 22 (SM2BE), de uma maneira geral os bosques de bacia apresentaram uma salinidade maior (Quadro 13).

Figura 53: Distribuição dos troncos pelo diâmetro, nas estações da margem esquerda do estuário do rio São Mateus. (A) Floresta de Franja Ponto 1; (B) Florestas de Baía Ponto 1; (C) Floresta de Franja Ponto 2; (D). Florestas de Franja do Ponto 3.



Fonte: Autoria própria.

Quadro 13: Salinidade os pontos amostrais no Rio São Mateus. Legenda: s.d = sem dados.

Rio São Mateus		Salinidade (psu)	
Ponto	Floresta	Margem Direita	Margem Esquerda
PSM1	Franja	15	5
PSM1	Bacia	21	6
PSM2	Franja	s.d	11
PSM2	Bacia	s.d	22
PSM3	Franja	3	s.d
PSM3	Bacia	7	5

Fonte: Autoria própria.

3.2.9 Caravelas

Ao longo do estuário do rio Caravelas foram amostradas 36 estações, as espécies de mangue identificadas foram *Rhizophora mangle*; *Laguncularia racemosa* e *Avicennia schaueriana*. *R. mangle* foi a espécie dominante em 63,9% das estações, formando bosques monoespecíficos em 15 estações, distribuídos em 10 estações de franja e 5 de bacia. *L. racemosa* dominou em 11,1% das estações sendo 4 estações monoespecíficas na bacia, *A. schaueriana* foi dominante em 25% dos bosques avaliados.

R. mangle é dominante em 14 parcelas de franja, seguida por *A. schaueriana* que domina apenas três estações de franja. Já nas parcelas de bacia houve uma alternância na dominância das espécies havendo três bosques monoespecíficos. *R. mangle* dominou em 9 estações, *A. schaueriana* em 6 estações e *L. racemosa* dominou em apenas 4 estações. *R. mangle* foi a espécie mais expressiva em relação ao banco de jovens tanto na franja (243 indivíduos vivos e 33 mortos) quanto na bacia (166 indivíduos vivos e 42 mortos), seguido por *A. schaueriana*.

As estações avaliadas apresentam uma grande variabilidade estrutural. A densidade de troncos vivos variou de 373 a 27.959 tr.vivos.ha⁻¹, o DAP médio variou de 2,1 a 24,6 cm enquanto a altura média foi de 1,22 a 16,56 m e a área basal variou de 8,1 a 43,9 m².ha⁻¹.

A contribuição em área basal de indivíduos mortos é, de forma geral, baixa (i.e., menor que 15%) na maioria das estações, apenas 4 estações de bacia apresentaram mais de 15% da sua área basal morta. Em três estações não foram observados indivíduos mortos, estas são representadas por duas estações de franja monoespecíficas de *R. mangle* e uma estação de bacia com composição mista de *R. mangle* e *A. schaueriana* (Quadro 14).

É possível observar também no Quadro 14 a relação Troncos/Indivíduos, este parâmetro citado, aponta que as árvores de mangue de todas as franjas analisadas são menos ramificadas que as árvores de bacia de seus respectivos pontos de estudo. Exceto no ponto de estudo 3 na margem direita, onde as árvores da franja apresentaram relação tronco/ind. de 1,17 para 1,07 na bacia. Nota-se que o ponto de

estudo 1 da margem esquerda (CR1xxE) é ponto em que as árvores possuem a maior a relação tronco/ind., 2,55 na franja e 4,00 na bacia.

Ainda, comparando os dados estruturais de franja e bacia, na franja a área basal variou de 14,86 a 38,22 m².ha⁻¹, a altura, de 5,24 ± 1,05 a 16,56 ± 3,30 m e a densidade variou de 373 a 4550 tr. vivos.ha⁻¹ (Quadro 14). Na bacia a menor área basal foi de 8,07 m².ha⁻¹ e a maior de 43,94 m².ha⁻¹, a altura variou de 1,22 ± 0,51 à 12,98 ± 3,93 m e densidade de 650 à 27959 tr.vivos.ha⁻¹.

A bacia foi o tipo fisiográfico no qual foi possível observar maior contribuição em área basal de indivíduos mortos. Enquanto na franja a maior contribuição de indivíduos mortos foi de 9,23% na estação CR3aFD representados pela espécie *A. schaueriana*, na bacia a maior contribuição foi de 42,74% na estação CR2cBE também representados por *A. schaueriana*.

Quadro 14: Parâmetros estruturais das florestas de mangue presentes no estuário do rio Caravelas/BA.

Parcelas	Densidade (tr. vivos.ha ⁻¹)	DAP médio (cm)	Altura (m)		Área Basal Total (m ² .ha ⁻¹)	Contribuição em Área Basal (%)		
			Média	± DP		Espécie	Viva	Morta
CR1aFD	2.500	11,18	6,08	2,03	26,65	<i>A. schaueriana</i>	6,00	6,64
						<i>L.racemosa</i>	0,00	0,00
						<i>R. mangle</i>	86,06	1,31
CR1bFD	2.133	9,34	7,30	2,66	15,31	<i>A. schaueriana</i>	0,00	0,00
						<i>L.racemosa</i>	0,00	0,00
						<i>R. mangle</i>	95,54	4,46
CR1cFD	2.367	9,59	5,84	2,85	17,62	<i>A. schaueriana</i>	0,00	0,00
						<i>L.racemosa</i>	0,00	0,00
						<i>R. mangle</i>	97,05	2,95
CR1aBD	1.6889	2,39	2,10	0,92	10,32	<i>A. schaueriana</i>	57,23	26,35
						<i>L.racemosa</i>	5,02	0,00
						<i>R. mangle</i>	11,09	0,31
CR1bBD	8.178	3,40	3,50	1,55	8,11	<i>A. schaueriana</i>	85,05	4,46
						<i>L.racemosa</i>	0,00	0,00
						<i>R. mangle</i>	6,75	3,73
CR1cBD	2.5918	2,17	1,82	0,40	9,72	<i>A. schaueriana</i>	57,42	0,00
						<i>L.racemosa</i>	20,52	0,16
						<i>R. mangle</i>	20,84	1,06
CR2aFD	1.421	13,71	9,53	2,85	21,17	<i>A. schaueriana</i>	0,00	0,00
						<i>L.racemosa</i>	0,00	0,00
						<i>R. mangle</i>	99,06	0,94
CR2bFD	2.000	12,43	9,35	3,73	24,31	<i>A. schaueriana</i>	11,84	0,00
						<i>L.racemosa</i>	0,00	0,00
						<i>R. mangle</i>	88,00	0,16
CR2cFD	971	13,96	9,13	2,80	14,86	<i>A. schaueriana</i>	0,00	0,00
						<i>L.racemosa</i>	0,00	0,00
						<i>R. mangle</i>	100,00	0,00
CR2aBD	6.556	6,45	4,02	1,32	22,36	<i>A. schaueriana</i>	0,00	0,00
						<i>L.racemosa</i>	95,92	4,08
						<i>R. mangle</i>	0,00	0,00
CR2bBD	4.600	8,11	4,70	1,18	25,83	<i>A. schaueriana</i>	0,00	0,00
						<i>L.racemosa</i>	92,03	7,97
						<i>R. mangle</i>	0,00	0,00
CR2cBD	8.100	4,41	3,21	1,19	12,89	<i>A. schaueriana</i>	0,00	0,00
						<i>L.racemosa</i>	95,97	4,03
						<i>R. mangle</i>	0,00	0,00
CR3aFD	2.091	14,53	7,78	5,50	38,22	<i>A. schaueriana</i>	90,66	9,23
						<i>L.racemosa</i>	0,00	0,00
						<i>R. mangle</i>	0,11	0,00

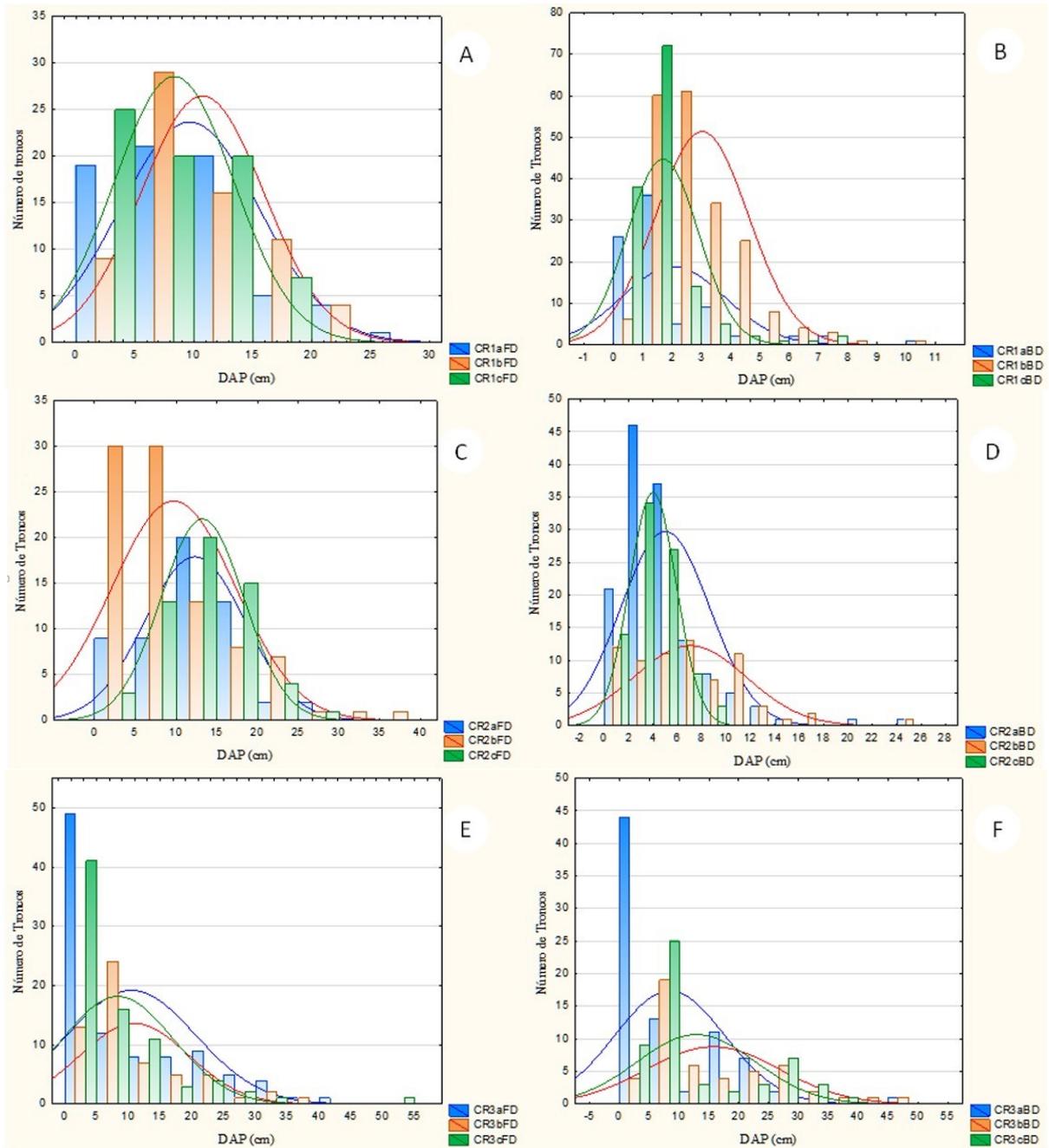
Parcelas	Densidade (tr. vivos.ha ⁻¹)	DAP médio (cm)	Altura (m)		Área Basal Total (m ² .ha ⁻¹)	Contribuição em Área Basal (%)		
			Média	± DP		Espécie	Viva	Morta
CR3bFD	1.867	13,84	9,66	4,83	28,79	<i>A. schaueriana</i>	69,03	2,48
						<i>L.racemosa</i>	0,00	0,00
						<i>R. mangle</i>	28,49	0,00
CR3cFD	2.467	12,24	7,52	4,24	29,59	<i>A. schaueriana</i>	83,02	1,82
						<i>L.racemosa</i>	0,00	0,00
						<i>R. mangle</i>	15,09	0,06
CR3aBD	1.950	12,50	7,52	5,22	23,97	<i>A. schaueriana</i>	0,00	0,00
						<i>L.racemosa</i>	0,00	0,00
						<i>R. mangle</i>	99,76	0,24
CR3bBD	819	19,07	12,37	4,27	23,40	<i>A. schaueriana</i>	0,24	0,00
						<i>L.racemosa</i>	0,00	0,00
						<i>R. mangle</i>	99,76	0,00
CR3cBD	1.300	15,58	11,78	5,04	26,98	<i>A. schaueriana</i>	0,97	0,00
						<i>L.racemosa</i>	0,00	0,00
						<i>R. mangle</i>	90,96	8,07
CR1aFE	2.941	9,90	7,06	1,73	23,00	<i>A. schaueriana</i>	0,00	0,00
						<i>L.racemosa</i>	0,00	0,00
						<i>R. mangle</i>	98,51	1,49
CR1bFE	4.550	6,29	5,24	1,05	15,03	<i>A. schaueriana</i>	0,00	0,00
						<i>L.racemosa</i>	0,00	0,00
						<i>R. mangle</i>	94,17	5,83
CR1cFE	2.147	12,23	6,70	1,55	25,75	<i>A. schaueriana</i>	3,27	0,00
						<i>L.racemosa</i>	0,00	0,00
						<i>R. mangle</i>	94,66	2,07
CR1aBE	12.143	3,18	1,22	0,51	11,23	<i>A. schaueriana</i>	0,00	0,00
						<i>L.racemosa</i>	0,00	0,00
						<i>R. mangle</i>	85,64	14,36
CR1bBE	25.918	2,55	3,26	1,10	13,84	<i>A. schaueriana</i>	0,00	0,00
						<i>L.racemosa</i>	0,00	0,00
						<i>R. mangle</i>	95,81	4,19
CR1cBE	27.959	2,09	2,39	0,78	9,70	<i>A. schaueriana</i>	0,00	0,00
						<i>L.racemosa</i>	5,24	0,00
						<i>R. mangle</i>	93,74	1,02
CR2aFE	2.100	12,47	10,01	4,77	26,32	<i>A. schaueriana</i>	0,00	0,00
						<i>L.racemosa</i>	0,00	0,00
						<i>R. mangle</i>	97,42	2,58
CR2bFE	2.157	10,16	6,85	5,18	17,48	<i>A. schaueriana</i>	0,00	0,00
						<i>L.racemosa</i>	0,00	0,00
						<i>R. mangle</i>	100,00	0,00
CR2cFE	2.980	10,29	6,34	4,56	24,78	<i>A. schaueriana</i>	3,63	0,00
						<i>L.racemosa</i>	0,00	0,00
						<i>R. mangle</i>	96,32	0,04
CR2aBE	7.500	5,37	4,16	1,72	25,61	<i>A. schaueriana</i>	50,99	0,00
						<i>L.racemosa</i>	0,00	0,00
						<i>R. mangle</i>	15,34	10,51
CR2bBE	11.429	6,27	4,45	1,87	43,94	<i>A. schaueriana</i>	55,09	18,45
						<i>L.racemosa</i>	0,00	0,00
						<i>R. mangle</i>	25,28	1,19
CR2cBE	8.163	4,81	4,24	2,43	25,94	<i>A. schaueriana</i>	17,55	42,74
						<i>L.racemosa</i>	0,00	0,00
						<i>R. mangle</i>	39,70	0,00
CR3aFE	567	21,44	13,35	6,00	21,12	<i>A. schaueriana</i>	0,42	0,02
						<i>L.racemosa</i>	0,00	0,00
						<i>R. mangle</i>	96,48	3,07
CR3bFE	750	16,31	9,67	2,80	16,06	<i>A. schaueriana</i>	0,00	0,00
						<i>L.racemosa</i>	0,00	0,00
						<i>R. mangle</i>	97,54	2,46
CR3cFE	373	24,56	16,56	3,30	18,11	<i>A. schaueriana</i>	0,00	0,00
						<i>L.racemosa</i>	0,00	0,00

Parcelas	Densidade (tr. vivos.ha ⁻¹)	DAP médio (cm)	Altura (m)		Área Basal Total (m ² .ha ⁻¹)	Contribuição em Área Basal (%)		
			Média	± DP		Espécie	Viva	Morta
CR3aBE	13.500	4,38	2,73	1,57	26,65	<i>R. mangle</i>	97,61	2,39
						<i>A. schaueriana</i>	7,96	19,71
						<i>L.racemosa</i>	68,35	3,98
CR3bBE	1.800	14,08	10,98	4,61	28,38	<i>R. mangle</i>	0,00	0,00
						<i>A. schaueriana</i>	0,00	0,00
						<i>L.racemosa</i>	0,00	0,00
CR3cBE	650	18,63	12,98	3,93	18,81	<i>R. mangle</i>	98,76	1,24
						<i>A. schaueriana</i>	0,00	0,00
						<i>L.racemosa</i>	0,00	0,00
						<i>R. mangle</i>	94,19	5,81

Fonte: Autoria própria.

De modo geral, é possível observar que a franja é o tipo fisiográfico com maior desenvolvimento estrutural em relação à bacia, esta que por sua vez apresenta uma maior mortalidade. Além disso, as maiores classes de diâmetro de DAP estão distribuídas nos indivíduos da franja, tanto na margem esquerda (Figura 54) quanto na margem direita (Figura 55).

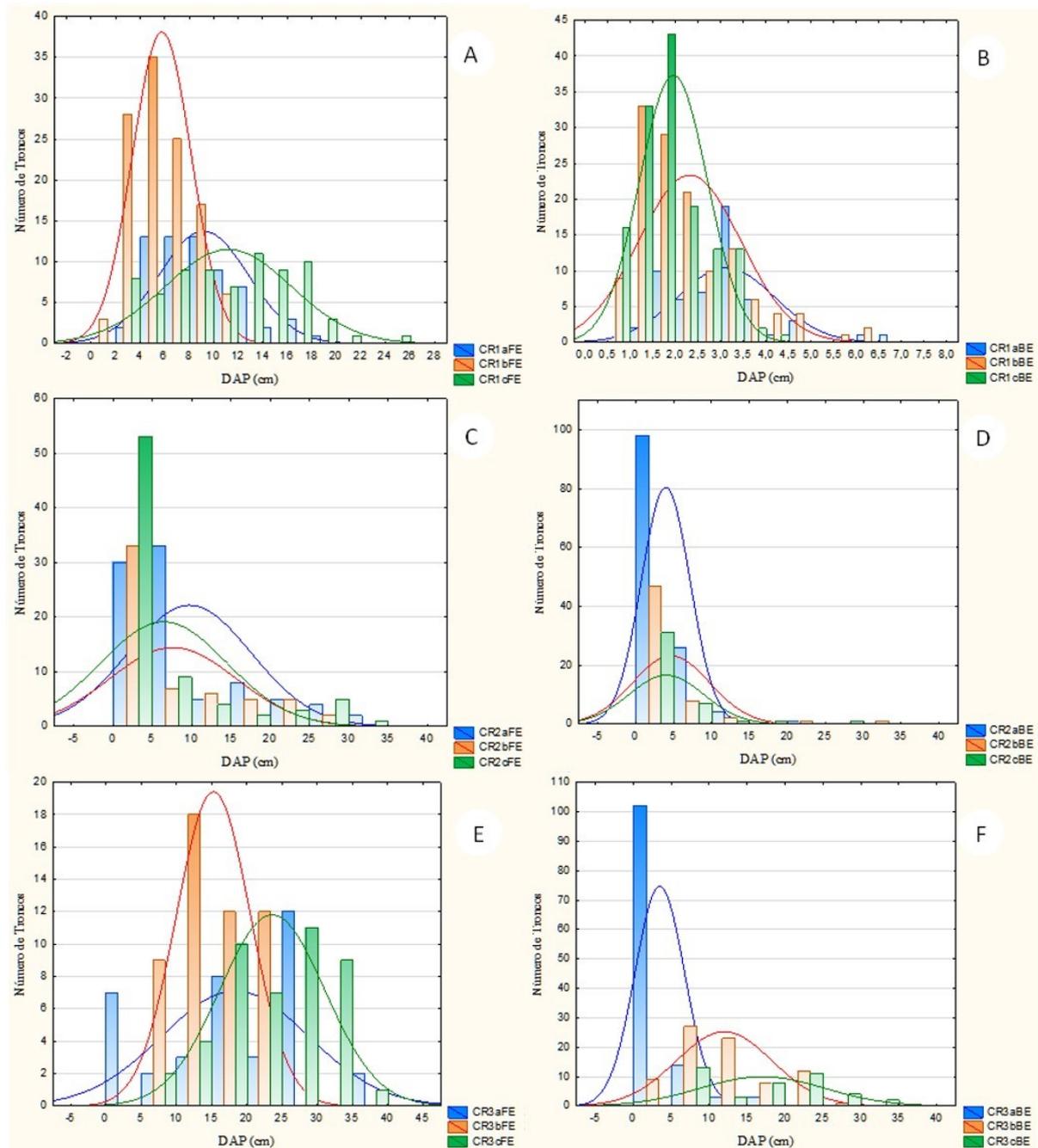
Figura 54: Distribuição dos troncos amostrados nas estações na margem direita do rio Caravelas/BA. A= estações de bosque de franja do ponto 1; B= estações de bosque de bacia do ponto 1; C= estações de bosque de franja do ponto 2; D= estações de bosque da bacia do ponto 2; E= estações de bosque de franja do ponto 3; F= estações de bosque de bacia do ponto 3.



Fonte: Autoria própria.

Figura 55: Distribuição dos troncos amostrados nas estações na margem esquerda do rio Caravelas/BA. A= estações de bosque de franja do ponto 1; B= estações de bosque de bacia do ponto 1; C= estações de bosque de franja do ponto 2; D= estações de bosque de bacia do ponto 2; E= estações de bosque de franja do ponto 3; F= estações de bosque de bacia ponto 3

3



Fonte: Autoria própria.

Analisando-se todos os resultados obtidos até o momento, constata-se que quatro das sete espécies descritas por Schaeffer-Novelli e Cintron (1986) para os manguezais brasileiros foram identificadas nas 151 estações amostradas: *Rhizophora mangle*, *Avicennia schaueriana*, *A.germinans*, *Laguncularia racemosa*. Schaeffer-Novelli et al. (1990) dividem a costa brasileira em 8 segmentos em função de suas características fisiográficas, climáticas e oceanográficas. De acordo com esses autores, os manguezais

estudados (extremo sul da Bahia e Espírito Santo) estão associados ao Segmento VI, que compreende a extensão litorânea da região do Recôncavo baiano (BA) até Cabo Frio (RJ). Neste segmento, segundo aqueles autores, as florestas de mangue podem atingir altura máxima de 15 m. Soares et al. (2008) descrevem que *R. mangle* é a espécie que domina as zonas com maior frequência de inundação pelas marés e coloniza as áreas com maior influência do aporte de água doce, já *A. schaueriana* demonstra tendência de colonização em áreas com maior influência salina.

Com relação aos parâmetros estruturais das florestas de mangue de uma maneira geral as franjas apresentaram um maior desenvolvimento estrutural o que refletiu em uma maior homogeneidade na distribuição dos indivíduos. As Florestas que apresentaram uma maior mortalidade são dominadas por *L. racemosa* e segundo Soares (1999) bosques com domínio de indivíduos de pequeno porte de *L. racemosa* são típicos de locais alterados que se encontram em via de recomposição. *L. racemosa* é considerada espécie indicadora nos processos de biomonitoramento ambiental, apresentando respostas morfológicas distintas para diferentes cenários de poluição (SOUZA et al., 2014).

No complexo estuarino do rio Piraquê observa-se uma dominância de *R. mangle* e alternância em algumas estações por *A. schaueriana* nas franjas, *L. racemosa* domina nas bacias. Mendonça (2014) e Golder (2016) avaliaram a estrutura dos rios Piraquê Açú e Mirim e concluíram que *R. mangle* é a espécie dominante nos bosques de franja e *A. schaueriana* e *L. racemosa* dominam nos bosques de bacia este padrão de zonation e distribuição das espécies foi o encontrado neste monitoramento.

Nos manguezais lateríticos existe uma dominância de *A. schaueriana*. *L. racemosa* também se distribui nestes bosques e domina nos bosques de franja situados nas praias do Sauê e Sahy.

Nas regiões de Barra do Riacho, Urussuquara e Barra Nova, *L. racemosa* é a espécie mais abundante. Em Urussuquara, no ponto mais montante do rio (URF3D) *A. germinans* domina em uma estação. Já no rio São Mateus a espécie dominante é *R. mangle*. Dados pretéritos da caracterização estrutural realizados por SILVA (2005) e Barcelos (2014) no estuário do rio São Mateus, apresentaram um domínio de *R. mangle* nas franjas e *L. racemosa* nas bacias além da presença de *A. germinans* nos pontos a montante do rio.

Sobre a estrutura dos manguezais de Caravelas (BA), resultados semelhantes foram encontrados por Soares et al. (2008) em caracterização dos manguezais da região estuarina de Caravelas (BA). Esses autores encontraram florestas com alta diversidade estrutural, compostas pelas três espécies de mangue da região: *R. mangle*, *A. schaueriana* e *L. racemosa*. Estes autores apontam dados de altura média entre 0,7 à 13,9 m, DAP de 1,5 a 24,1 cm, densidade de 8.3 a 102.500 tr. vivos.ha⁻¹ e área basal de 9,0 a 37,9 m².ha⁻¹. Estes mesmos autores indicam que *R. mangle* domina as zonas com maior frequência de inundação pelas marés e *A. schaueriana* domina as áreas com maior influência salina, a bacia. Neste estudo as franjas são dominadas por *R. mangle*, porém nas regiões de bacia, apesar das três espécies de mangue dominarem parcelas distintas, *R. mangle* ainda foi a espécie dominante.

Ainda, foi observado que a bacia possui uma relação tronco/indivíduo maior em relação à franja, que pode ser explicado devido às áreas de bacia serem mais elevadas, possibilitando um incremento de

salinidade nessas áreas não lavadas pelas marés, levando assim à formação de florestas arbustivas em resposta ao estresse hídrico e salino (CINTRON; SCHAEFFER-NOVELLI, 1983; JIMENEZ, 1994; PELLEGRINI, 2000).

Em estudo anterior de monitoramento e avaliação do processo de regeneração do manguezal do rio Surui atingido por derramamento de óleo ocorrido em 18 de janeiro de 2000 na região da Refinaria Duque de Caxias/RJ (REDUC), Soares et al (2006) destacaram o processo de regeneração de floresta de mangue entre 2000 e 2005. Estes autores observaram características típicas da ocupação de clareiras: importação de propágulos, aumento da densidade de jovens e baixa mortalidade dos mesmos no período inicial, seguido de período de amadurecimento da comunidade.

3.3 CONCLUSÃO

A avaliação de uma possível contaminação dos manguezais estudados, pelos rejeitos de minérios provindos da barragem de Fundão da SAMARCO e os impactos sobre as florestas de mangue só será possível com a manutenção de um monitoramento por um período mais prolongado, bem como por meio do aprofundamento das análises realizadas. Da mesma forma, a análise das relações de causa e efeito só poderá ser concretizada por meio da integração dos resultados obtidos acerca das florestas de mangue, com dados relativos às características dos sedimentos das áreas estudadas, incluindo a análise de contaminantes e a comparação com a “assinatura” da pluma de rejeitos que atingiu o mar via desembocadura do rio Doce. Dessa maneira, é fundamental a continuidade do presente monitoramento para podermos afirmar com exatidão a resposta da floresta como bioindicadora, sendo necessária a manutenção de estudos de médio e longo prazos tanto para o diagnóstico dos impactos da contaminação principalmente por metais pesados, principalmente ao considerarmos, que diversos efeitos sub-letais podem ocorrer nas florestas de mangue na costa litorânea do Estado do Espírito Santo e da região estuarina de Caravelas, sul da Bahia, caso as mesmas tenham sido atingidas e contaminadas.

3.4 REFERÊNCIAS

AGERH- Agência Estadual de Recursos Hídricos. Disponível em: <[HTTP://www.agerh.gov.br](http://www.agerh.gov.br)>. Acesso em: 07/04 2019.

ALVARES, Clayton Alcarde et al. Köppen's climate classification map for Brazil. *Meteorologische Zeitschrift*, v. 22, n. 6, p. 711-728, 2013.

BARCELOS, U. D. Estrutura do Manguezal do Rio São Mateus sob a Perspectiva de Vulnerabilidade Ambiental 2014. Monografia . Universidade Federal do Espírito Santo.

CINTRON, Gilberto; SCHAEFFER-NOVELLI, Yara. Introducción a la ecología del manglar. Oficina Regional de Ciencia y Tecnología de la UNESCO para América Latina y el Caribe - ROSTLAC. Montevideo, Uruguay. 109 pp. 1983.

ELLISON, J.C. Geomorphology and Sedimentology of Mangroves. in: coastal wetlands an integrated ecosystem approach. perillo, g.m.e., wolanski, e., cahoon, d.r., brinson, m.m. (eds.). elsevier/amsterdam, the netherlands. p. 565-592. 2009.

GOLDER, Definição de níveis de referência e avaliação de potenciais impactos sobre os manguezais próximos à foz do Rio Doce. RT_026-159-515-2282_00-B, 2016.

GOTELLI, Nicholas J.; ELLISON, Aaron M. Princípios de estatística em ecologia. Artmed Editora, 2016.

GUHATHAKURTA, Himadri; KAVIRAJ, Anilava. Heavy metal concentration in water, sediment, shrimp (*Penaeus monodon*) and mullet (*Liza parsia*) in some brackish water ponds of Sundarban, India. *Marine Pollution Bulletin*, v. 40, n. 11, p. 914-920, 2000.

IBAMA. Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis. Laudo Técnico Preliminar Impactos ambientais decorrentes do desastre envolvendo o rompimento da barragem de Fundão, em Mariana, Minas Gerais. p. 1-38. 2015. Disponível em: http://www.ibama.gov.br/phocadownload/barragemdefundao/laudos/laudo_tecnico_preliminar_ibama.pdf

JIMENEZ, Jorge A., Ariel E. LUGO, and Gilberto CINTRON. "Tree mortality in mangrove forests." *Biotropica* (1985): 177-185.

JIMÉNEZ, Jorge. A. Los Manglares del Pacífico Centroamericano. Heredia: Editorial Fundación UMA. 1994, 352p.

LUGO, Ariel E. Old-Growth Mangrove Forests in the United States: Bosques Maduros de Manglares en los Estados Unidos. *Conservation Biology*, v. 11, n. 1, p. 11-20, 1997.

LUGO, Ariel E. Mangrove forests: a tough system to invade but an easy one to rehabilitate. *Marine Pollution Bulletin*, v. 37, n. 8-12, p. 427-430, 1999.

MACFARLANE, G. R.; PULKOWNIK, A.; BURCHETT, M. D. Accumulation and distribution of heavy metals in the grey mangrove, *Avicennia marina* (Forsk.) Vierh.: biological indication potential. *Environmental Pollution*, v. 123, n. 1, p. 139-151, 2003.

MEDINA, Ernesto et al. Soil salinity, sun exposure, and growth of *Acrostichum aureum*, the mangrove fern. *Botanical Gazette*, v. 151, n. 1, p. 41-49, 1990.

Mendonça P.T subsídios para o gerenciamento do Manguezal do estuário dos rios Piraquê-Açu e Piraquê-Mirim (ES) 2013. Qualificação de doutorado, Universidade Federal do Espírito Santo.

MOONEY, Harold A. et al. *Functional roles of biodiversity: a global perspective*. John Wiley and Sons Ltd, 1996.

PELLEGRINI, Júlio Augusto de Castro. *Caracterização da planície hipersalina (apicum) associada a um bosque de mangue em Guaratiba, Baía de Sepetiba, Rio de Janeiro – RJ*. 2000. 101f. Tese (Mestrado em Ciências) - Instituto Oceanográfico, Universidade de São Paulo, São Paulo.

PERH-ES Plano Estadual de Recursos Hídricos do Espírito Santo. Disponível em: <https://perh.es.gov.br/Media/perh/Arquivos%20Biblioteca/PERHES_DocumentoConsolidado.pdf>. Acesso em 07 de maio 2019.

PIRES, José Maurício Machado; LENA, Jorge Carvalho de; MACHADO, Carlos Cardoso Machado; PEREIRA, Reginaldo Sérgio. Polluting potential of Samarco Mineração S. A. solid waste: a Germano dam case study. *Revista árvore*, v. 27, n. 3, p. 393-397, 2003.

SCHAEFFER-NOVELLI, Yara; CINTRÓN, Gilberto. *Guia para estudo de áreas de manguezal; estrutura, função e flora*. 1986.

SCHAEFFER-NOVELLI, Yara et al. Variability of mangrove ecosystems along the Brazilian coast. *Estuaries*, v. 13, n. 2, p. 204-218, 1990

SILVA, Maria Amélia Bonfante; BERNINI, Elaine; DO CARMO, Tania Mara Simões. Características estruturais de bosques de mangue do estuário do rio São Mateus, ES, Brasil. *Acta bot. bras*, v. 19, n. 3, p. 465-471, 2005.

SEAMA - Secretaria de Estado para Assunto do Meio Ambiente. *Projeto de Gerenciamento Costeiro do Estado do Espírito Santo, Região Litoral Norte: Macrozoneamento Costeiro*. Vitória: Memorial Descritivo, 23f. 1998.

SEAMA -Secretaria de Estado de Meio Ambiente e Recursos Hídricos. Disponível em: <<https://seama.es.gov.br/>>.

SERVINO, Ricardo Nogueira; DE OLIVEIRA GOMES, Luiz Eduardo; BERNARDINO, Angelo Fraga. Extreme weather impacts on tropical mangrove forests in the Eastern Brazil Marine Ecoregion. *Science of the Total Environment*, v. 628, p. 233-240, 2018.

SOARES, Mário Luiz Gomes. Estrutura vegetal e grau de perturbação dos manguezais da Lagoa da Tijuca, Rio de Janeiro, RJ, Brasil. 1999.

SOARES, Mário Luiz Gomes. et al. Caracterização das Florestas de Mangue no Complexo Estuarino de Caravelas (Bahia-Brasil). Boletim Técnico-Científico do CEPENE, v. 16, n. 5, p. 23-41, 2008.

SOARES, ML Gomes et al. Photosynthetic capacity and intrinsic water-use efficiency of Rhizophora mangle at its southernmost western Atlantic range. Photosynthetica, v. 53, n. 3, p. 464-470, 2015.

SOUZA, Iara et al. Adaptive plasticity of Laguncularia racemosa in response to different environmental conditions: integrating chemical and biological data by chemometrics. Ecotoxicology, v. 23, n. 3, p. 335-348, 2014.

TOGNELLA, M. M. P. et al. Heterogeneity of elemental composition and natural abundance of stable isotopes of C and N in soils and leaves of mangroves at their southernmost West Atlantic range. Brazilian Journal of Biology, v. 76, n. 4, p. 994-1003, 2016.

TOMLINSON, P. B. „1986. The Botany of Mangroves.

TWILLEY, ROBERT R. et al. Biodiversity and ecosystem processes in tropical estuaries: perspectives of mangrove ecosystems. SCOPE-SCIENTIFIC COMMITTEE ON PROBLEMS OF THE ENVIRONMENT INTERNATIONAL COUNCIL OF SCIENTIFIC UNIONS, v. 55, p. 327-370, 1996.

4 SUBPROJETO: DIAGNÓSTICO DOS IMPACTOS SOBRE A FAUNA DO MANGUEZAL, COMPARTIMENTO CARANGUEJOS.

4.1 OBJETIVO

Avaliar a estrutura populacional dos decápodes da espécie *Ucides cordatus* e *Cardisoma guahumii* nos estuários dos Rios Piraquê (Açú e Mirim), Rio Riacho, Urussuquara, Mariricu, São Mateus e Caravelas e espécies de decápodes do manguezal de franja do RVS de Santa Cruz.

4.2 RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.2.1 Densidade populacional de *Ucides cordatus*

Três amostragens em parcelas fixas com área de 25 m² em floresta do tipo franja e bacia foram realizadas tanto na margem esquerda quanto na direita dos estuários atingidos pela pluma de rejeitos de minérios (estuário do rio Piraque Açú, Piraquê Mirim, Barra do Riacho, Urussuquara, Mariricu, São Mateus e Área de Proteção Ambiental Costa das Algas- APA). As avaliações foram feitas por três vezes, cada uma delas representando um campo (campos 1 – outubro e novembro de 2018; 2 – novembro e dezembro de 2018; e 3 – janeiro e fevereiro de 2019), distanciados em pelo menos um mês um do outro, estendendo-se de outubro de 2018 até fevereiro de 2019. Os resultados preliminares dos dados de densidade média nos estuários foram avaliados estatisticamente por meio do teste de agrupamento (comparações múltiplas) de Scott-Knoot ($p > 0,05$) como apresentado na Tabela 1. O teste de Scott-Knoot foi selecionado, pois apresenta maior robustez a violação da normalidade (BORGES e FERREIRA, 2003).

Três fatores foram estabelecidos de tal forma que os mesmos fossem avaliados dois a dois, para que os dados coletados fossem adequadamente analisados, e as informações geradas fossem visualizadas de forma concisa e didática. O primeiro fator foi a combinação de estuários (6 estuários e APA Costa das Algas) e época de amostragem (campos 1, 2 e 3). O segundo foram tipos de florestas, com dois níveis (franja, bacia) e o terceiro, os três pontos estabelecidos ao longo do gradiente de salinidade (estuário inferior, médio e superior). As análises foram feitas em esquema fatorial em delineamento experimental assumido como inteiramente ao acaso, com três repetições.

Não foi possível incluir na primeira análise (estuário em diferentes amostragens x floresta) todos os níveis do primeiro fator pela ausência de dados coletados em algumas estações, este fato sendo justificado a seguir. Os dados estavam incompletos para a APA Costa das algas, pois em duas tentativas de amostragens, nos campos 1 e 2, a área de estudo estava inundada pelas correntes de maré enchente não sendo possível a visualização das galerias de *U. cordatus* e a coleta de dados. Devido ao tempo limitado pelo número de amostras a serem executadas no anexo, não foi possível retornar à área quando houve condições de amostragem. No estuário da Barra do Riacho não foi

possível estabelecer todas as estações planejadas em florestas de bacia sendo justificado pelo fato do ecossistema manguezal na região apresentar extensão estreita na zona intermaré, o que impediria a manutenção dos pressupostos estatísticos de distância necessária entre as amostras conforme recomendado na literatura (GOTELLI e ELLISON, 2011; LEGENDRE e LEGENDRE, 2003). O resultado da análise do fator estuário para as diferentes épocas nos dois tipos de florestas é apresentado na Tabela 1. Observa-se que há diferença estatística significativa da densidade média de *U. cordatus* entre os estuários no Espírito Santo em distintas amostragens tanto para a franja quanto para a bacia, ou seja, há diferenças significativas ao comparar a densidade entre as franjas considerando todos os estuários e os amostragens realizadas ($p < 0,01$), sendo o mesmo resultado observado para os florestas do tipo bacia ($p < 0,01$). A relação entre os valores de maior quadrado médio/ menor quadrado médio de resíduo foi de 1,0355, portanto, menor que 7. Desta forma, os dois tipos de florestas puderam ser incluídos na mesma análise fatorial como preconizado por Pimentel-Gomes (2009). Devido a defasagem das amostragens em Caravelas não foi possível inserir os dados daquela área para as análises estatísticas em conjunto com tempo hábil para este relatório, uma vez que faltavam os dados do campo 3. A não apresentação dos dados de Caravelas em função da necessidade de análise integrada foi decisão da Coordenação do Anexo.

Tabela 1: Resumo da análise de variância da densidade média de *Ucides cordatus* (Linnaeus, 1763) entre os estuários (Piraquê Açú, Piraquê Mirim, Urussuquara, Mariricu e São Mateus) em diferentes amostragens (campo 1: outubro/novembro de 2018; campo 2: novembro/dezembro de 2018; campo 3: janeiro/fevereiro de 2019) para os florestas do tipo franja e bacia no norte do Espírito Santo, Brasil.

Floresta	Quadrado médio		F	Valor p
	Tratamento	Resíduo ⁽¹⁾		
Franja	2,9746	0,4777	6,2270	< 0,01
Bacia	2,5950	0,4947	5,2459	< 0,01
Graus de liberdade	14	30		

Fonte: Autoria própria.

(1) Relação maior QMResíduo/ menor QMresíduo = 1,0355

Os resultados da análise de variância conjunta são apresentados na Tabela 2. Não houve necessidade de transformação dos dados, pois os mesmos apresentaram distribuição normal de acordo com o teste de Lilliefors (CRUZ, 2016). Estes dados são confiáveis, pois o valor do p para o teste foi menor que 0,1 (DALLAL e WILKINSON, 1986). Percebe-se que para a densidade média de *U. cordatus* não ocorre interação entre os estuários e as florestas e que também não há diferença estatística entre franja e bacia. Esta análise mostra que a densidade média nos florestas de franja e bacia (dados de todas as estações de todos os estuários avaliados) é similar, independente da estrutura e composição da vegetação, mas análise mais minuciosa das classes de tamanho dos indivíduos será necessária, posteriormente, para avaliar a frequência de distribuição das classes de tamanho nos diferentes florestas. No entanto, a densidade é diferente entre os estuários ($p < 0,01$). Desta forma, procedeu-se à análise da comparação entre estes, independente do tipo de floresta, conforme observado no Quadro

15. Os dados coletados na APA Costa das Algas para avaliação em fevereiro de 2019 e os de Barra do Riacho, que apresentaram dados apenas para florestas do tipo franja, foram incluídos nesta análise.

Tabela 2: Resumo da análise de variância conjunta entre os fatores estuário em diferentes amostragens (campo 1: outubro/novembro de 2018; campo 2: novembro/dezembro de 2018; campo 3: janeiro/fevereiro de 2019) e tipos de floresta (franja e bacia) para a densidade média de *Ucides cordatus* (Linnaeus, 1763) no norte do Espírito Santo, Brasil.

FV	GL	QM	F	Valor p
Estuário	14	5,1412	10,5747	< 0,01
Floresta	1	0,4989	1,0262	31,5114
Estuário x Floresta	14	0,4284	0,8811	100,0000
Resíduo	60	0,4862		
Média	1,7924			
CV (%)	38,90			

Fonte: Autoria própria.

Diferenças significativas na densidade média de *U. cordatus* foram detectadas entre os estuários amostrados. Pela análise da Quadro 15 verifica-se que o maior valor foi observado no estuário de Urussuquara (Urussuquara/Linhares), superior a 4 indivíduos.m⁻², na amostragem de fevereiro de 2019, correspondente ao campo 3. As análises indicaram mudanças significativas na densidade média entre os períodos amostrados para todos os estuários, exceto para o do rio Mariricu (Barra Nova) que não apresentou essa variabilidade temporal. É notável o aumento da densidade nas amostragens realizadas em fevereiro de 2019 nos estuários Piraquê Açú, Piraquê Mirim, Barra do Riacho e Urussuquara.

A variabilidade temporal e as diferenças na densidade entre os estuários podem estar relacionadas às características das florestas de mangue, tais como produtividade primária, variáveis ambientais, padrões de recrutamento larval dentre outros atributos, além disto, a sobre-exploração dos caranguejos (CONTI E NALESSO, 2010). Os metais traços são bioacumuladores nos organismos (PINHEIRO et al., 2012) destacando o alumínio e o ferro, presentes na pluma de rejeitos de minérios no estuário do Rio Doce (GOMES et al., 2017) alcançando a região costeira e, conseqüentemente, as demais áreas de estudos. Sendo assim, considerando esta característica dos metais e com potenciais efeitos deletérios, em longo prazo, para *U. cordatus*, como registrado na literatura (PINHEIRO et al., 2012; BANCI et al., 2017), os impactos em nível de indivíduo podem refletir diretamente na população, especialmente na densidade. Esta considerada variável demográfica básica necessária para caracterizar a dinâmica de qualquer população e para estimar sua capacidade de recuperação após algum distúrbio (PADILLA et al., 2004). Os dados de fecundidade avaliados neste subprojeto, as amostras de ecotoxicologia dos indivíduos coletados nas áreas em estudo, as análises de metais no solo, água e vegetação nos locais, bem como, a continuidade do monitoramento em longo prazo irão responder se os efeitos deletérios observados nas populações são decorrentes dos efeitos crônicos dos metais provenientes dos rejeitos da barragem de Fundão em Mariana, ocorrido em 2015.

Por outro lado, os dados médios de densidade populacional e a variação observada entre os meses de amostragens já identificam a atuação dos fatores biológicos que vão caracterizar as variabilidades sazonais esperadas nas populações, o que reforça a necessidade de estudos em longo prazo realizados em parcelas fixas para o monitoramento da espécie e para as avaliações de impactos. Isto é visto pela diferença significativa observada entre as amostras para o mês de outubro onde ocorrem as menores densidades. Na região nordeste do Brasil, onde as áreas amostrais estão próximas ou ocorrem nela (Caravelas), o período reprodutivo ocorre de outubro a maio (SANT'ANNA, 2006). Entretanto, como o ciclo reprodutivo da espécie é sazonal e é regido entre outros fatores pela temperatura ambiente (WUNDERLICH et al. 2008), a ocorrência de variações ao longo da linha de costa brasileira é esperada, sendo necessário avaliar em longo prazo. Dados de Pinheiro e Fiscarelli (2001) identificam o período de ecdise como ocorrendo de agosto a setembro e Wunderlich et al. (2008) como ocorrendo de junho a outubro em Santa Catarina. A baixa densidade observada na área dos manguezais nos lateritos (arenitos) localizados na APA Costa das Algas é esperada tendo em vista que as condições abióticas são mais inóspitas para a espécie no que diz respeito à disponibilidade de condições e recursos adequadas. Entretanto, o relatório da Golder Associates (Memorando MT-030-159-515-2282_00B, maio de 2006) na avaliação do arsênio, zinco e selênio na região da foz do Rio Doce, que envolve amostras também na região da APA, identifica picos elevados destes elementos um pouco antes da chegada da pluma, concentração extremamente elevada na chegada da pluma (acima da Resolução CONAMA 357/2005) e ao longo do monitoramento picos de concentração destes e de outros elementos relacionados com a mudança na direção e velocidade dos ventos, provocando disponibilização dos metais na coluna d'água.

Quadro 15: Densidade populacional de *Ucides cordatus* (Linnaeus, 1763) verificada entre os meses de novembro de 2018 a fevereiro de 2019 em diferentes estuários no norte do Espírito Santo. Sendo eles: Piraquê Açú, Piraquê-Mirim, Barra do Riacho, Urussuquara, Mariricu, São Mateus e APA Costa das Algas.

Tratamento	Estuário	Mês	Densidade populacional (indivíduos.m ⁻²) ⁽¹⁾
1	Rio Piraqueaçú	Outubro de 2018	0,8733 d
2	Rio Piraqueaçú	Novembro de 2018	1,2475 c
3	Rio Piraqueaçú	Fevereiro de 2019	2,0868 b
4	Rio Piraquemirim	Outubro de 2018	0,6932 d
5	Rio Piraquemirim	Novembro de 2018	0,9322 d
6	Rio Piraquemirim	Fevereiro de 2019	2,5068 b
7	APA Costa das Algas	Fevereiro de 2019	0,3667 d
8	Barra do Riacho	Outubro de 2018	0,6467 d
9	Barra do Riacho	Novembro de 2018	0,8267 d
10	Barra do Riacho	Fevereiro de 2019	2,3567 b
11	Rio Urussuquara	Novembro de 2018	1,7067 c
12	Rio Urussuquara	Dezembro de 2018	1,3023 c
13	Rio Urussuquara	Fevereiro de 2019	4,2357 a
14	Rio Mariricu	Novembro de 2018	1,2745 c

Tratamento	Estuário	Mês	Densidade populacional (indivíduos.m ⁻²) ⁽¹⁾
15	Rio Marlicu	Dezembro de 2018	1,6110 c
16	Rio Marlicu	Janeiro de 2019	1,4355 c
17	Rio São Mateus	Novembro de 2018	1,7583 c
18	Rio São Mateus	Dezembro de 2018	2,2107 c
19	Rio São Mateus	Janeiro de 2019	3,0120 b

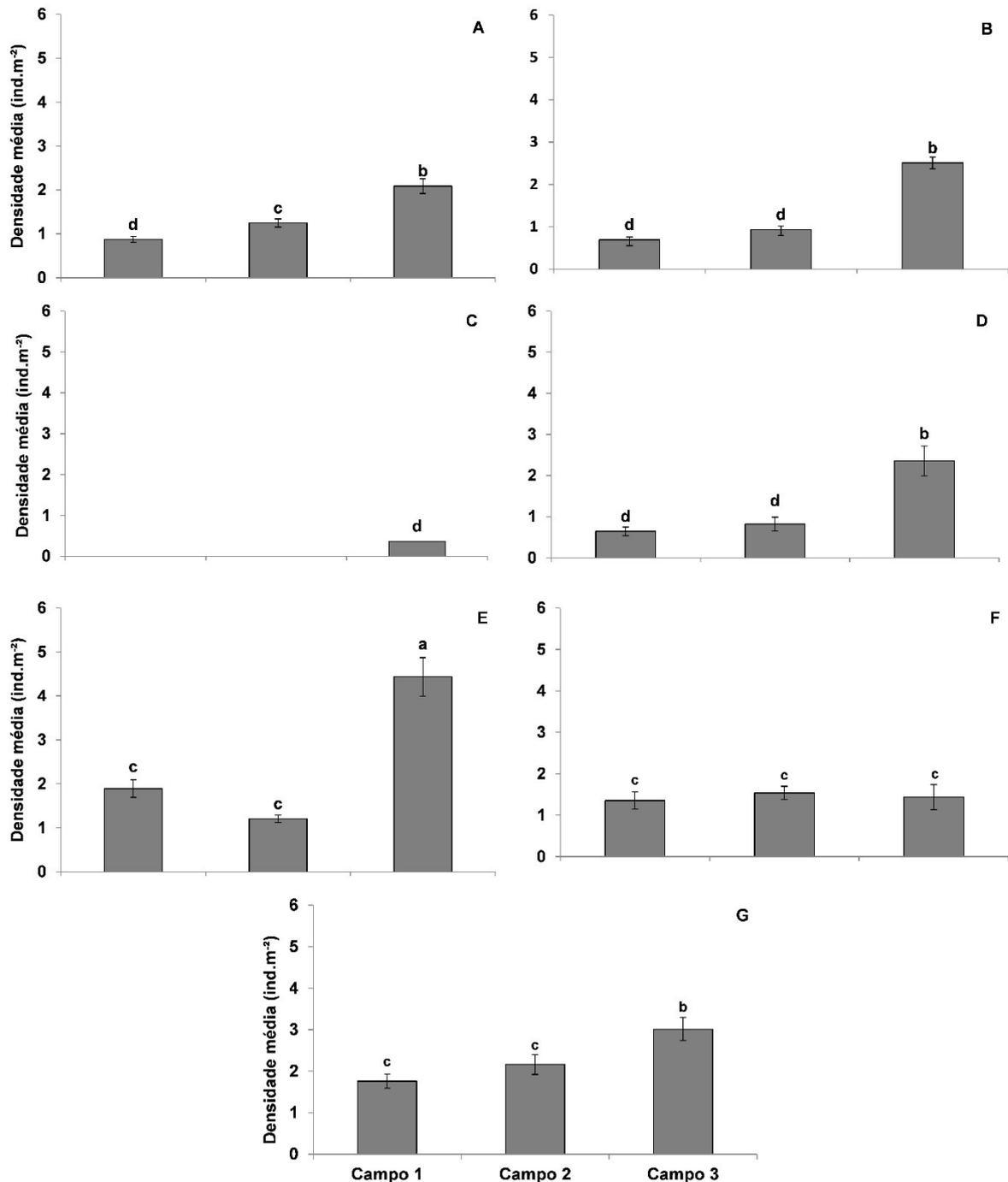
Fonte: Autoria própria.

(1) Médias seguidas da mesma letra não diferem entre si pelo teste de agrupamento de Scott-Knoot ($p > 0,05$).

Nas comparações entre a densidade média de *U. cordatus* nas diferentes amostragens para cada estuário, verifica-se que na maioria dos casos, a amostragem do campo 3 apresentou maior valor (Figura 56), como também seria esperado uma vez que este é o período reconhecidamente como a época de reprodução da espécie sendo comumente chamada de andada (PINHEIRO E FISCARELLI, 2001; FIRMO et al., 2012) sendo a ocasião de saída das tocas para acasalamento e/ou para liberação dos ovos já fecundados. Esta informação não é válida para a APA Costa das Algas, por ter sido realizado até o momento apenas uma amostragem, como explicado anteriormente. Este aumento pode ser justificado pelo período de andada da espécie na região sudeste, regulada pela portaria IBAMA Nº. 52 de 30 de setembro de 2003, onde é proibida a captura, a manutenção em cativeiro, transporte, beneficiamento, industrialização, armazenamento e comercialização dos indivíduos da espécie, popularmente conhecido como caranguejo-uçá, bem como as partes isoladas (quelas, pinças, garras ou desfiado), de qualquer origem (município, estado ou país).

A variação espacial e temporal na densidade, além de serem condicionadas pelas características apresentadas no parágrafo anterior, também pode ser resposta da população a algum distúrbio ambiental. Os resultados preliminares apresentados até o momento não permitem inferir se é consequência dos impactos causados pelo rompimento da barragem de Fundão. Entretanto, as larvas de *U. cordatus* se desenvolvem na região costeira (DIELLE, 2000), o que pode ter ocasionado o contato com a pluma de rejeitos, e se afetadas, o recrutamento juvenil no ecossistema pode ser alterado, e consequentemente a densidade de indivíduos.

Figura 56: Densidade populacional de *Ucides cordatus* em função das amostragens (Campo 1, 2 e 3) realizadas nos estuários: A: Piraque Açú; B: Piraque Mirim; C: Costa das Algas; D: Barra do Riacho; E: Urussuquara; F: Mariricu; G: São Mateus. As barras indicam erro padrão da média e letras diferentes entre as médias dos campos no mesmo estuário indicam diferença estatística ($p \leq 0,05$) pelo teste de agrupamento de Scott-Knott.



Fonte: Autoria própria.

Dados pretéritos, anteriores a chegada da pluma de rejeitos de minérios no estuário do Rio Doce e região costeira, para o estuário Piraquê Açú mostram que a densidade média registrada no presente estudo ($1,40 \text{ ind.m}^{-2}$) é inferior à encontrada em 2004/2005 ($2,5 \pm 1,2 \text{ ind.m}^{-2}$) por Conti e Nalesso (2010) e em 2015 por Bromenschenkel (2016), onde a densidade encontrada foi de $1,8 \text{ ind./m}^2$ e $1,7 \text{ ind./m}^2$

para o estuário inferior e médio, respectivamente. Não há resultados conclusivos para inferir se este declínio na densidade possa ser atribuído aos possíveis impactos ambientais da pluma de rejeitos de minério, sendo necessárias avaliações dos parâmetros populacionais em maior escala temporal. Por outro lado, para o estuário do rio São Mateus, com base em estudos realizados por Porto (2016), a densidade média aumentou no presente estudo, sendo observadas $0,74 \text{ ind.m}^{-2} (\pm 0,26)$ e $0,55 \text{ ind. m}^{-2} (\pm 0,20)$ em 2015 e 2016, respectivamente. A baixa densidade registrada nesses anos pode estar relacionada ao local de pesquisa dentro do manguezal, uma vez que há forte pressão antrópica e de pesca sobre os indivíduos com tamanho comercial (largura do cefalotórax $> 60 \text{ mm}$), devido à proximidade de comunidades ribeirinhas (PORTO, 2016). Amostragens dos parâmetros populacionais da espécie abrangendo escala temporal maior irá permitir avaliar se a variabilidade nos parâmetros populacionais ao longo dos anos é natural da espécie ou é reposta de algum distúrbio no ecossistema.

Na segunda análise conjunta dos dados, a densidade de *U. cordatus* nos estuários em diferentes amostragens ao longo do gradiente de salinidade (ponto 1 - estuário inferior, ponto 2 – médio; ponto 3 - superior) foram comparados, não sendo possível incluir todos os dados devido a ausência para a APA Costa das Algas, como justificado anteriormente. O resultado da análise do fator estuário para as diferentes épocas nos três pontos, individualmente, é apresentado na Tabela 3. Há diferença estatística significativa entre os estuários em amostragens distintas nos três pontos avaliados. A relação entre os valores de maior quadrado médio/menor quadrado médio de resíduo foi de 1,9146, menor, portanto, que 7. Desta forma, os três pontos puderam ser incluídos na mesma análise fatorial como preconizado por Pimentel-Gomes (2009).

A densidade média de caranguejos no Piraquê-Açú com tamanho comercial, largura da carapaça superior a 60 mm (IBAMA, 2003), foi relativamente baixa em 2004/2005, com os juvenis sendo mais frequente (CONTI E NALESSO, 2010). Estes autores sugeriram que a pressão da captura está além da capacidade de reposição da população, colocação importante a ser considerada ao se tratar de impactos ambientais. Os resultados preliminares do presente estudo juntamente com os de Conti e Nalesso (2010) evidenciam a vulnerabilidade da população frente a futuros impactos, uma vez que a espécie é considerada ameaçada (ALVES E NISHIDA, 2004) e o seu nicho ecológico é diretamente interligado com a água estuarina. É notável a sensibilidade desta espécie, dado que foi a única que sofreu mortalidade em massa no litoral brasileiro por causa da chamada “doença do caranguejo letárgico” (SCHMIDT et al., 2008).

Tabela 3: Resumo da análise de variância da característica densidade média de *Ucides cordatus* (Linnaeus, 1763) entre os estuários (Piraquê Açú, Piraquê-Mirim, Barra do Riacho, Urussuquara, Mariricu, São Mateus) em diferentes amostragens (Campos 1, 2 e 3) para os florestas do tipo franja e bacia no norte do Espírito Santo, Brasil.

Estuário	Quadrado médio		F	Valor p
	Tratamento	Resíduo ⁽¹⁾		
Inferior	2,1475	0,4063	5,2849	< 0,01
Médio	2,8169	0,3527	7,9866	< 0,01
Superior	4,0786	0,6753	6,0396	< 0,01
Graus de liberdade	17	36		

Fonte: Autoria própria.

(1) Relação maior QMResíduo/menor QMresíduo = 1,9146

Os resultados da análise de variância conjunta para o fator estuário em diferentes avaliações (Campos 1, 2 e 3) em função dos pontos amostrados ao longo o estuário são apresentados na Tabela 4. Não houve necessidade de transformação dos dados, pois os mesmos apresentaram distribuição normal de acordo com o teste de Lilliefors (CRUZ, 2016). Percebe-se que para a densidade de caranguejos não ocorre interação entre os estuários e os pontos. No entanto, a densidade é diferente tanto entre os estuários ($p < 0,01$) quanto entre os pontos ($p < 0,01$).

Tabela 4: Resumo da análise de variância conjunta entre os fatores estuário (Piraquê Açú, Piraquê Mirim, Barra do Riacho, Urussuquara, Mariricu e São Mateus) em diferentes amostragens (Campos 1, 2 e 3) e pontos (1, 2 e 3) para a característica densidade média (indivíduos.m⁻²) de *Ucides cordatus* (Linnaeus, 1763) no norte do Espírito Santo.

FV	GL	QM	F	Valor p
Estuário	17	7,8449	16,4079	< 0,01
Ponto	2	5,4435	11,3853	< 0,01
Estuário x Ponto	34	0,5991	1,2530	19,1767
Resíduo	108	0,4781		
Média	1,7146			
CV (%)	40,32			

Fonte: Autoria própria.

Os resultados de comparação das médias da densidade de *U. cordatus* entre os estuários já foram mostrados na Tabela 5. A densidade apresentou variabilidade espacial ao longo do gradiente de salinidade no estuário, onde o maior valor foi observado no estuário superior, mais distante da foz (Tabela 5). Torna-se necessário o monitoramento das áreas para avaliar se a variabilidade temporal na densidade ao longo do gradiente estuarino pode estar relacionada com os impactos decorrentes da pluma de rejeitos de minérios, uma vez que as correntes de maré apresentam maior amplitude no estuário inferior e médio, conseqüentemente, zonas com maior período de inundação. Os indivíduos que habitam essas zonas são mais suscetíveis a impactos causados por substâncias e patógenos presentes em corpos d'água (SCHMIDT et al., 2008).

Tabela 5: Densidade média populacional de *Ucides cordatus* (Linnaeus, 1763) verificado ao longo do gradiente de salinidade (estuário inferior, médio e superior) nos estuários avaliados (Piraquê Açú, Piraquê Mirim, Barra do Riacho, Urussuquara, Mariricu e São Mateus) entre outubro/2018 a fevereiro/2019.

Estuário	Densidade populacional (indivíduos.m ⁻²) ⁽¹⁾
Inferior	1,4672 b
Médio	1,6039 b
Superior	2,0726 a

Fonte: Autoria própria.

(1) Médias seguidas da mesma letra não diferem entre si pelo teste de agrupamento de Scott-Knoot ($p > 0,05$).

O resultado da análise de variância do fator estuário nos três períodos de amostragem (Campo 1, 2 e 3) é apresentado individualmente na Tabela 6. Há diferença estatística significativa na densidade entre os estuários nos três campos. A relação entre os valores de maior quadrado médio/menor quadrado médio de resíduo foi de 4,4206, menor, portanto, que 7. Desta forma, as três amostragens puderam ser incluídas na mesma análise fatorial como preconizado por Pimentel-Gomes (2009). Para avaliar se essas diferenças são decorrentes de possíveis impactos gerados pela pluma de rejeitos de minérios, é necessário ampliar a escala temporal da avaliação dos parâmetros populacionais, para eliminar o fator variabilidade sazonal da densidade.

Tabela 6: Resumo da análise de variância da característica densidade média de *Ucides cordatus* (Linnaeus, 1763) em diferentes estuários (Piraquê Açú, Piraquê Mirim, Barra do Riacho, Urussuquara, Mariricu e São Mateus) em três amostragens (Campos 1, 2 e 3) no norte do Espírito Santo.

Campo	Quadrado médio		F	Valor p
	Tratamento	Resíduo ⁽¹⁾		
1	3,0273	0,3268	9,2648	< 0,01
2	2,0821	0,2583	8,0611	< 0,01
3	8,5450	1,1418	7,4839	< 0,01
Graus de liberdade	5	48		

Fonte: Autoria própria.

(1) Relação maior QMResíduo/ menor QMResíduo = 4,4206

U. cordatus é considerada espécie sentinela dos manguezais (PINHEIRO et al., 2017) sendo estudada como bioindicadora de ambientes contaminados por metais pesados (JESUS et al., 2003; PINHEIRO et al., 2012; PINHEIRO et al., 2013) e adequada para estudos de monitoramento ambiental (Bosco-Santos et al., 2016). É uma das espécies mais estudadas para quantificar a contaminação por metais pesados (PINHEIRO et al., 2012; BOSCO-SANTOS et al., 2016), por apresentar longo ciclo de vida, podendo viver pelo menos 10 anos e taxa de crescimento lento (PINHEIRO et al., 2005), alimentar-se principalmente da serapilheira das áreas de manguezais, destacando-se as folhas de *Rhizophora mangle* e do sedimento (NORDHAUS E WOLF, 2007). As características do nicho ecológico da espécie e do seu habitat torna a população suscetível a impactos antrópicos e naturais, uma vez que as florestas de mangue estão sob ameaça de acúmulo de poluentes, os quais podem ser importados para esse

ecossistema por meio dos rios e marés (KRUITWAGEM et al., 2008). De acordo com esses autores os poluentes, dependendo da especiação química, podem se acumular nos tecidos da biota.

O conjunto de dados que permitem avaliar o teor e os metais específicos presentes na vegetação, compartimento folha, e no sedimento das florestas de manguezais estão em processo de análise. As informações geradas a partir destes dados irão permitir estabelecer um diagnóstico preliminar das áreas impactadas pela pluma de rejeitos de minério provenientes do rompimento da barragem de Fundão e os possíveis danos causados à saúde do ecossistema. A partir destas informações, juntamente, com as análises toxicológicas dos decápodes, *U. cordatus* e *C. guanhumi*, realizadas pelo Anexo 1 - Ecotoxicologia da Rede Rio Doce Mar, irá direcionar ao diagnóstico ecológico dessas espécies gerando o conhecimento para estabelecer ações adequadas para o manejo e conservação do recurso.

Os poucos estudos disponíveis para *U. cordatus* nas áreas estudadas (CONTI E NALESSO, 2010; BROMENSCHENKEL, 2016; PORTO, 2016) e a escassez de informações da estrutura populacional de *U. cordatus* para os demais estuários não permitem realizar avaliação temporal detalhada da estrutura e dinâmica populacional da espécie antes do rompimento da barragem. A composição e o teor de metais traço, ainda em estudo, no sedimento do manguezal e nas folhas da vegetação nos estuários apresentados alerta sobre a importância das avaliações dos potenciais impactos, crônicos ou agudos, sobre os indivíduos de *U. cordatus* e conseqüentemente sobre a população. Considerando que os metais são bioacumuladores em organismos bentônicos (ALMEIDA et al., 2016) e os efeitos são deletérios em longo prazo, a continuidade do monitoramento nestas áreas torna-se crucial para detectar os reais impactos, espaciais e temporais, associados ao rompimento da barragem de Fundão sobre as populações de *U. cordatus* e *C. guanhumi*.

Os caranguejos absorvem os metais tóxicos pela alimentação (PINHEIRO et al., 2012), pelo tegumento ou pelas brânquias (AHEARN et al., 2004). Nesse sentido, a assimilação direta de metais de fases prontamente dissolvidas ou formas mais lábeis no solo aumentaria o conteúdo de metais em tecidos de caranguejo (BELTRAME et al., 2011; HEIDARIEH et al., 2013). Elevadas concentrações de ferro e alumínio em sedimentos estuarinos podem alterar a biogeoquímica e a assembleia da macrofauna, aumentando a abundância de espécies oportunistas tolerantes, facilitando espécies invasoras e impactando populações naturais (FLEWELLING et al., 2005), destacando-se a dinâmica populacional de *U. cordatus*.

4.2.2 Densidade populacional de *Cardisoma guanhumi*

No campo 1, correspondente a outubro e novembro de 2018, de acordo com o que foi estabelecido no cronograma anual, a equipe de campo dedicou-se a conhecer as áreas de ocorrência de *C. guanhumi*, uma vez que não há qualquer estudo relacionado a esta espécie no norte do Espírito Santo, sendo a sua escala espacial de distribuição desconhecida. A delimitação das estações e a coleta de dados tiveram início, efetivamente, nos campos 2 (novembro e dezembro de 2018) e 3 (janeiro e fevereiro de

2019). Algumas estações ainda foram delimitadas neste campo por motivos logísticos de transporte e adaptação do cronograma das campanhas de campo.

O desenho amostral de *C. guanhum* diferiu daquele estabelecido para *U. cordatus* uma vez que há limitação nas áreas de ocorrência da espécie. O número total de estações estabelecidas até, o momento, foram 20, sendo 5 no estuário do Piraquê Açú-Mirim (Aracruz), 2 na APA Costa das Algas (Aracruz), 1 em Barra do Riacho (Aracruz), 3 no estuário de Urussuquara (Urussuquara), 3 no Mariricu (Barra Nova/São Mateus) e 6 no São Mateus (Conceição da Barra). O número das estações executadas é inferior ao das planejadas sendo justificado pela limitação das suas áreas de ocorrência ao longo dos estuários, pois está ameaçada de extinção e perda de habitat, além da pressão da captura ainda existente. É considerada uma espécie com elevada importância socioeconômica e em 2014 foi indicada pelo Ministério do Meio Ambiente para fazer parte da “Lista Nacional Oficial de Espécies da Fauna Ameaçadas de extinção” como espécie “ criticamente em Perigo de extinção” (Resolução 445 MMA, 2014). Encontra-se no período de defeso por tempo indeterminado no Espírito Santo – DECRETO Nº1499-R/2008. É pertinente considerar a dificuldade encontrada pela equipe de campo em estabelecer parcelas fixas nas áreas avaliadas. Os locais onde não foi possível implantar as parcelas, as coordenadas geográficas do ponto de ocorrência foram registradas com o equipamento Juno SA que possui um GPS integrado registrando cada ponto com sua característica e coordenada. As coordenadas das estações estabelecidas também foram registradas, para posterior confecção dos mapas dos habitats da espécie.

Os resultados mostram que há diferenças estatísticas significativas ($p < 0,001$) na densidade média de *C. guanhum*, conhecido popularmente como guaiamum ou goiamum, entre os estuários avaliados no presente estudo (Tabela 7). O valor médio desta variável, para cada estuário, é com base nos dados de todas as estações. A densidade média por amostragem, nos estuários pode ser observada na Figura 57. É possível verificar que não há diferenças significativas entre as amostragens no Piraquê Açú, Piraquê Mirim, APA Costa das algas, Mariricu e São Mateus somente em Barra do Riacho e no Rio Doce. Os maiores valores foram registrados no Rio Doce em dezembro de 2018 (1,84 ind.m⁻²) e em Urussuquara em fevereiro de 2019 (2,30 ind.m⁻²).

Tabela 7: Resumo da análise de variância para a característica densidade (indivíduos.m⁻²) de *Cardisoma guanhum* (Lattreille, 1825) em diferentes estuários (Piraquê Açú, Piraquê Mirim, Barra do Riacho), no norte do estado do Espírito Santo entre novembro de 2018 em fevereiro de 2019

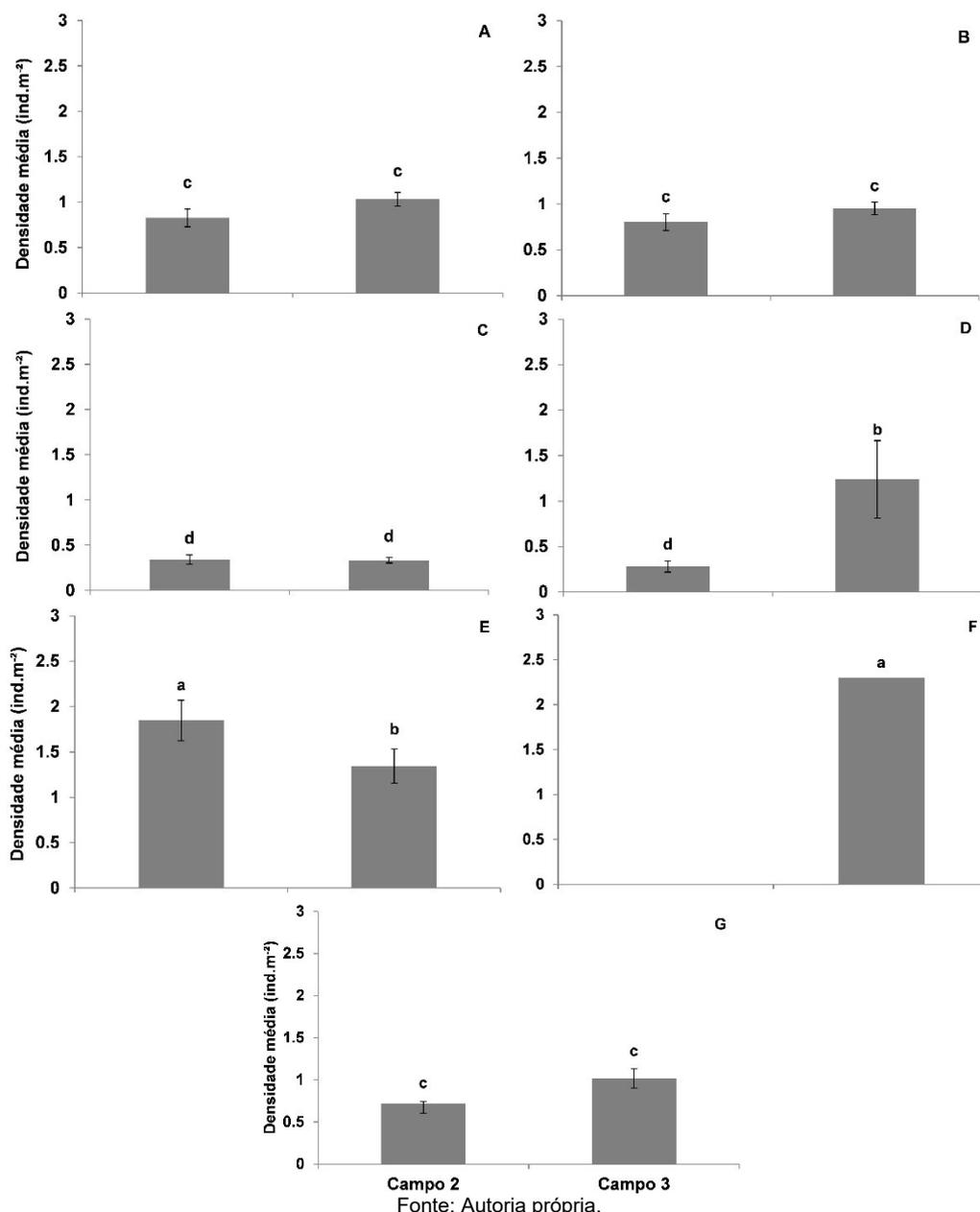
FV	GL	QM	F	Valor p
Estuário	16	1,9785	6,5509	< 0,001
Resíduo	118	0,3020		
Média (indivíduos m ⁻²)	1,0183			
CV (%)	53,97			

Fonte: Autoria própria.

A densidade média de *C. guanhum* é similar entre quatro estuários avaliados (Piraquê Açú, Piraquê Mirim, Mariricu e São Mateus) como representados pela letra c, indicando médias iguais. Os fatores

que condicionam a variabilidade espacial da densidade observada nas áreas de estudo e a variabilidade temporal no estuário Barra do Riacho e Rio Doce são ainda desconhecidos, mas podem estar relacionados principalmente às características bióticas e abióticas do habitat além de alterações no ambiente e a pressão de captura. Os resultados do presente estudo não permitem avaliar se há alterações na densidade da espécie, decorrentes dos possíveis impactos provenientes da pluma de rejeitos, em nível do indivíduo devido ao reduzido número de amostragens. Ampliar a escala temporal das avaliações irá permitir avaliar quais os possíveis impactos dos rejeitos de minérios sobre a população e se há ou não um padrão na variabilidade nos parâmetros populacionais.

Figura 57: Densidade populacional de *Cardisoma guanhumí* (Latreille, 1825) em função das duas amostragens (Campos 2 e 3) realizadas nos estuários: A: Piraque Açú; B: Piraque Mirim; C: Costa das Algas; D: Barra do Riacho; E: Urussuquara; F: Mariricu; G: São Mateus. As barras indicam erro padrão da média e letras diferentes entre as médias dos campos no mesmo estuário indicam diferença estatística ($p \leq 0,05$) pelo teste de agrupamento de Scott-Knott.



4.2.3 Razão Sexual

Este indicador será apresentado para as duas espécies alvo de interesse econômico e ecológico que estão sendo monitoradas por este anexo.

Durante os meses de outubro/2018 a fevereiro/2019, foram capturados 487 indivíduos de *U. cordatus* nos seis estuários trabalhados, sendo 381 machos (78,23%) e 106 fêmeas (21,77%). Analisando a razão sexual no primeiro semestre deste monitoramento e aplicando o teste estatístico do Qui-Quadrado identifica-se diferença significativa na proporção macho:fêmea, isto é, $X^2 > 3,82$ nos estuários do rio São Mateus (SM), Urussuquara (BS), Piraquê Açú (PA) e Piraquê Mirim (PM) (Quadro 16). Apenas um indivíduo macho foi capturado em Barra do Riacho considerando as três amostragens realizadas. O catador de caranguejo que acompanha a equipe em campo teve dificuldades na captura, considerando a maior profundidade das galerias e a quantidade de raízes subterrâneas nas estações amostradas.

Quadro 16: Razão sexual da espécie *Ucides cordatus* (Linnaeus, 1763) nas amostragens realizadas entre outubro/2018 a fevereiro/2019 nos estuários do rio São Mateus (SM), Mariricu (BN), Urussuquara (UR), APA Costa das Algas (CA), Piraquê Mirim (PM) e Piraquê Açú (PA), mostrando a proporção de indivíduos machos (M) e fêmeas (F) capturados pela técnica denominada de braceamento. FO: Fêmea ovígera. N total = 487.

Estuário	M	F	FO	Proporção (M:F)	M (%)	F (%)	X ²
SM	61	12	0	5,1:1,0	83,56	16,43	45,05
BN	34	28	0	1,2:1,0	54,83	45,16	0,93
UR	54	11	0	4,9:1,0	83,07	16,92	43,74
CA	3	3	0	1,0:1,0	50,00	50,00	0,00
PM	54	31	5	1,5:1,0	60,00	40,00	4,00
PAM	175	21	1	7,9:1,0	88,83	11,16	60,31

Fonte: Autoria própria.

Nota-se diferença na proporção de macho e fêmea nas áreas analisadas, onde o número de machos é superior ao de fêmeas (Quadro 16). Dados pretéritos da razão sexual entre machos e fêmeas de *U. cordatus* no Piraquê Açú foi de 1,0:1,2, resultados diferentes do presente estudo. No entanto Bromnschenkel (2016) encontrou razão sexual de aproximada de 2:3. Essa variação na razão sexual é considerada normal para a espécie onde os machos sobressaem às fêmeas em alguns meses do ano, seguido por fêmeas que predominam durante outros meses podendo está relacionado ao ciclo reprodutivo, crescimento, mortalidade, nutrição e migração dos indivíduos (DIELE, 2000) ou ainda por pressão de seleção do processo de captura como observado por Bromnschenkel (op. Cit). Total de 239 indivíduos de *C. guanhumi* foi capturado nas estações amostradas nos estuários, sendo 115 machos (48,12%) e 124 fêmeas (51,88). Há diferença significativa na razão sexual, utilizando o teste Qui-Quadrado, apenas no estuário do rio Mariricu em Barra Nova (BN).

Tabela 8: Razão sexual da espécie *Cardisoma guanhumi* (Latreille, 1825) nas amostragens realizadas entre novembro/2018 a fevereiro/2019 nos estuários do rio São Mateus (SM), Mariricu (BN), Urussuquara (UR), APA Costa das Algas (CA), Piraquê Mirim (PM) e Piraquê Açú (PA), mostrando a proporção de indivíduos machos (M) e fêmeas (F) capturados com auxílio de armadilha do tipo ratoeira por catador experiente. FO: Fêmea ovígera. N = 239.

Estuário	M	F	FO	Proporção (M:F)	M (%)	F (%)	X ²
SM	11	8	0	1,4:1,0	57,89	42,10	2,49
BN	6	10	0	1,0:1,6	37,50	62,50	6,25
UR	8	7	0	1,5:1,0	53,33	56,66	0,44
CA	1	1	0	1,0:1,0	50,00	50,00	0,00
BR	11	9	0	1,2:1,0	55,00	45,00	1,00
PM	40	44	0	1,0:1,1	47,61	52,38	0,23
PA	15	11	0	1,3:1,0	57,69	42,30	2,37
RD	23	34	0	1,0:1,8	40,35	59,64	3,72

Fonte: Autoria própria.

O teste X² mostrou que as populações de *C guanhumi* estão equilibradas quanto à razão sexual, não existindo diferença significativa entre o número de machos e fêmeas, exceto no estuário Mariricu. Esse resultado corrobora com os estudos realizados no Rio Parnaíba, Piauí, onde os machos representaram 50,4% para 49,6% das fêmeas capturadas (IBAMA/CEPENE, 1994). Conjunto de dados abrangendo maior escala temporal é necessário para avaliar se a razão sexual das espécies avaliadas varia sazonalmente ou espacialmente ou se os dados obtidos indicam peculiaridade de cada estuário.

4.2.4 Fecundidade de *Ucides cordatus*

Durante janeiro e fevereiro de 2019, 10 fêmeas ovígeras de *U. cordatus* foram capturadas no estuário do rio São Mateus (SM) e Piraquê Açú-Mirim (PAM) (n total = 20). Nos demais estuários a coleta dos indivíduos não foi viável, pois a equipe de campo estava realizando a amostragem em outro local não sendo possível realizar a logística para transporte do catador profissional até a área de coleta e dos indivíduos que seriam capturados para o laboratório.

O tamanho das fêmeas coletadas variou entre 45,07 e 73,38 (58,23 ± 9,61 mm) e 59,09 e 71,24 (67,46 ± 3,80 mm) para os estuários SM e PAM, respectivamente. Fecundidade é o número de ovos ou descendentes produzidos em cada ciclo reprodutivo. Em crustáceos, a fecundidade deve ser entendida como o número de ovos exteriorizados por desova, que se encontram aderidos aos pleópodos da fêmea (BRANCO E AVILAR, 1992). A fecundidade de cada indivíduo utilizando o número de ovos (N), peso total da amostra (P) e da subamostra (PS) da massa ovígera, em gramas, foi estimada por meio da expressão proposta por Ogawa et al. (1976) e descrita como: $F = N \times (P/PS)$. O N variou entre 10089 e 24662 ovos/subamostra/indivíduo (16847 ± 5535,78) em SM e de 17623 para 22683 ovos/subamostra/indivíduo (19726,6 ± 2043,04) em PAM. O Quadro 17 mostra a fecundidade estimada para cada fêmea capturada nos dois estuários amostrados.

Quadro 17: Fecundidade estimada para fêmeas de *Ucides cordatus* (Linnaeus, 1763) no estuário do rio São Mateus (SM), Conceição da Barra, e Piraquê Açú-Mirim (PAM), Aracruz, Espírito Santo. LC: Largura do cefalotórax (mm). CC: Comprimento do cefalotórax (mm). F: Fecundidade. N total = 20.

Estuário	LC	CC	F
SM	60,63	45,20	81.513
	67,96	49,33	91.718
	66,87	53,06	160.235
	73,38	56,15	145.233
	62,94	48,50	108.312
	52,82	46,47	126.039
	45,07	38,88	67.554
	53,47	46,13	130.826
	45,75	39,56	69.743
	53,37	45,98	127.511
PAM	68,69	51,07	167.489
	63,18	47,97	144.210
	69,17	48,55	150.050
	68,46	50,96	139.036
	71,24	52,33	174.043
	68,03	52,93	129.524
	71,08	55,32	121.254
	59,09	45,18	130.603
	69,92	53,06	138.074
	65,72	50,27	177.450

Fonte: Autoria própria.

Não houve correlação entre a fecundidade (F) e a largura do cefalotórax (LC: largura do cefalotórax expressa em milímetros) das fêmeas ovígeras ($r = 0,54$; $p = 0,10$ e $r = -0,09$; $p = 0,79$) para os estuários SM e PAM, respectivamente. Resultado diferente das conclusões realizadas por Pinheiro et al. (2003) em Iguape (SP) onde o número de ovos foi correlacionado positivo e significativamente com o tamanho da fêmea parental, sendo uma regra para o *U. cordatus*. Os mesmos autores encontraram relação de causa e efeito significativa entre as duas variáveis, sendo o modelo Geométrico adequado para estimar o número de ovos produzidos por fêmeas dentro do intervalo de LC analisado (36,8 a 72,8 mm). No presente estudo 4 modelos (Linear, Exponencial, Logarítmico e Geométrico) foram ajustados aos dados de F e LC para verificar qual representa melhor a relação causa-efeito entre essas duas variáveis, mas nenhum apresentou bom ajuste como descrito na Tabela 9.

Tabela 9: *Ucides cordatus* (Linnaeus, 1763). Modelos de regressão utilizados para avaliar a relação biométrica entre Largura do cefalotórax (LC) (mm), como variável independente, e Fecundidade (F) e Peso da massa ovígera (PMO) como variáveis dependentes das fêmeas ovígeras nos estuários do rio São Mateus (Conceição da Barra) e do Piraquê Açú-Mirim (Aracruz) em janeiro e fevereiro de 2019.

Relação	Estuário	Modelo	R ²	P
LC x F	São Mateus	Linear	0,29	0,10
		Exponencial	0,30	0,09
		Logarítmico	0,30	0,09
		Geométrico	0,33	0,08
	Piraquê Açú-Mirim	Linear	0,21	0,68
		Exponencial	0,24	0,66
		Logarítmico	0,19	0,70
		Geométrico	0,22	0,68

Relação	Estuário	Modelo	R ²	P
LC x PMO	São Mateus	Linear	0,96	< 0,0001
		Exponencial	0,97	< 0,0002
		Logarítmico	0,93	< 0,0003
		Geométrico	0,95	< 0,0004
	Piraquê Açú-Mirim	Linear	0,08	0,40
		Exponencial	0,09	0,39
		Logarítmico	0,08	0,42
		Geométrico	0,08	0,41

Fonte: Autoria própria.

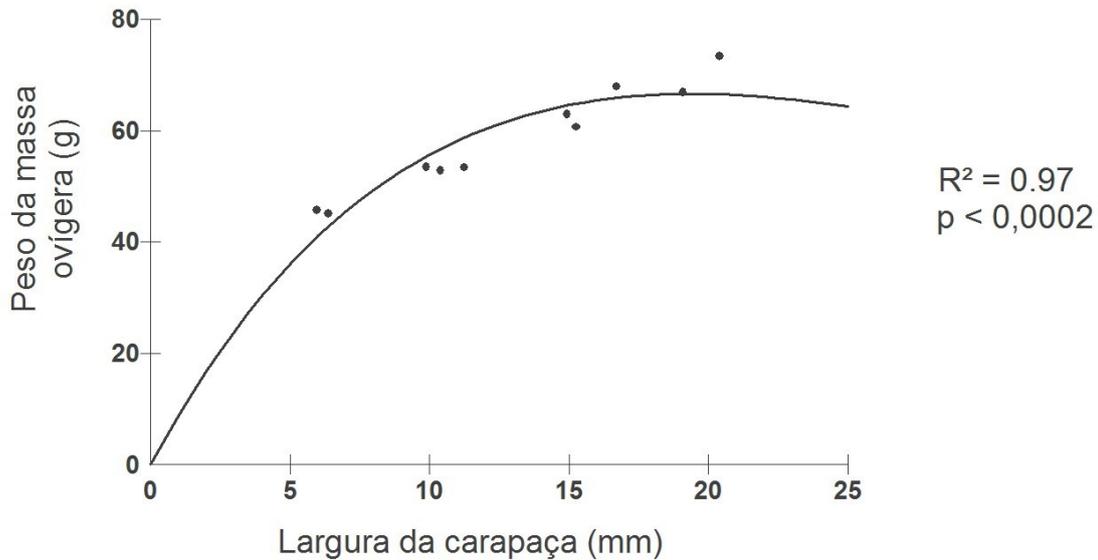
A fecundidade estimada para as fêmeas do estuário do rio SM variou de 91.717,6 para 169.235,2 ovos (110.868,3 ± 32190,23) e de 177.450 para 121.254 (147173,4 ± 19650,77) para o do PAM. Não houve relação de causa-efeito significativa entre o tamanho das fêmeas e a fecundidade para os estuários do rio SM e PAM, respectivamente. Estimar a fecundidade de *U. cordatus* nos estuários estudados permite avaliar a capacidade reprodutiva e o potencial de renovação populacional (FONTELES-FILHO, 1979) frente as condições ambientais atuais, bem como os possíveis efeitos dos metais traço presentes na pluma de rejeitos de minério sobre a fecundidade da espécie a longo prazo, e impactos antrópicos e naturais no ecossistema.

MacDonald et al. (1988) analisaram a exposição de fêmeas ovígeras de *Câncer anthonyi*, um caranguejo nativo da costa do Pacífico da América do Norte, a metais-traço Fe (Ferro), Ba (Bário), Al (Alumínio), Ni (Níquel), Cu (Cobre), Pb (Chumbo), Cd (Cádmio), Cr (Cromo), Mn (Mangânes) e Hg (Mercúrio) e observaram que a absorção desses elementos químicos pelos ovos afetam o desenvolvimento embrionário, provocando atrasos neste processo e aumento parcial ou total da mortalidade de ovos. O Al e o Fe estão entre os metais traço detectados na pluma de rejeitos (GOMES et al., 2017), mas quais os efeitos desses metais sobre os indivíduos e a fecundidade ainda são desconhecidos. Os relatórios da Golder Associates (RT_003-159-515-2282_02-B) descrevem a composição mineralógica do rejeito com base na comparação com a barragem de Germano sendo predominantemente arenoso (79%) e contendo os seguintes constituintes: Fe, SiO₂, P e Al₂O₃. As fêmeas analisadas em SM apresentaram estágio de desenvolvimento embrionário inicial, com algumas com ovos iniciando o estágio intermediário.

A relação entre LC e peso da massa ovígera (PMO), em gramas, das fêmeas capturadas no estuário do rio SM foi melhor descrita pela função Exponencial com base no coeficiente de determinação (R²) (R² = 0,97; *p* < 0,0002) quando testado os seguintes modelos: Linear, Exponencial, Logarítmico e Geométrico (Potencial). A correlação entre as duas variáveis também foi significativa (*r_p* = 0,98, *p* < 0,0001). Esta correlação foi encontrada em trabalhos desenvolvidos no mesmo estuário por Porto (2016). A autora analisou 45 fêmeas ovadas, com tamanho médio da LC de 60,59 mm (± 7,90) e 60,74 mm (± 7,31) e peso médio da massa ovígera a 9,80 g (± 3,83) e 9,56 g (± 3,23) em 2015 e 2016, respectivamente. As análises de correlação (*r* = 0,58, *p* = 0,07) e regressão das duas variáveis (LC e PMO) não foram representativas para o estuário PAM. Entretanto, como existe diferença entre os estuários na densidade e isto pode implicar na distribuição do tamanho dos indivíduos, de maturação

e com isto o número amostral ainda baixo não permita estabelecer relação deste indicador para o rio Piraquê-Açú.

Figura 58: Ajuste da função Exponencial para a relação peso da massa ovígera (g) e largura do cefalotórax (mm) de *Ucides cordatus* (Linnaeus, 1763) no estuário do rio São Mateus, Conceição da Barra, Espírito Santo.

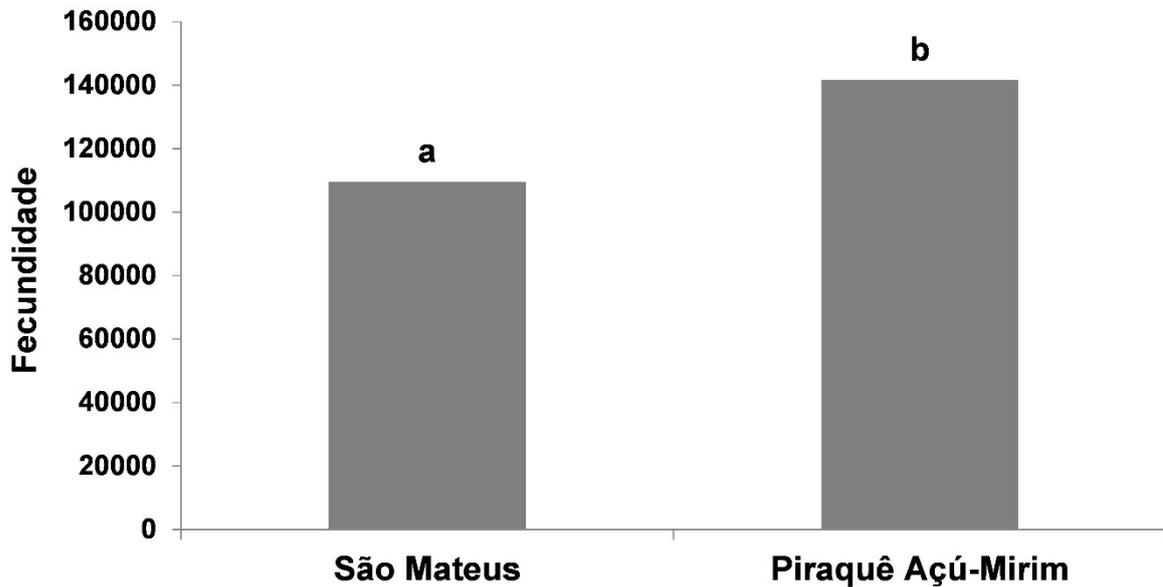


Fonte: Autoria própria.

U. cordatus destaca-se no ecossistema manguezal na questão fecundidade, pois o número de ovos produzidos por fêmeas é maior do que a maioria das outras espécies de caranguejo (ALMEIDA, 2016), ficando atrás ou equiparado apenas com o *C. guanhumi* (SILVA E OSHIRO, 2002). Contudo, neste trabalho a correlação entre *F* e *LC* não foi significativa, logo uma fêmea com maior *LC* não terá obrigatoriamente elevada quantidade de ovos em relação àquela com menor *LC*. A ausência de correlação entre as duas variáveis também foi registrada por Almeida (2016), que estudou esta espécie no manguezal da Baía de Guanabara e no Gargaú, pertencente ao estuário secundário do Rio Paraíba do Sul, no Rio de Janeiro.

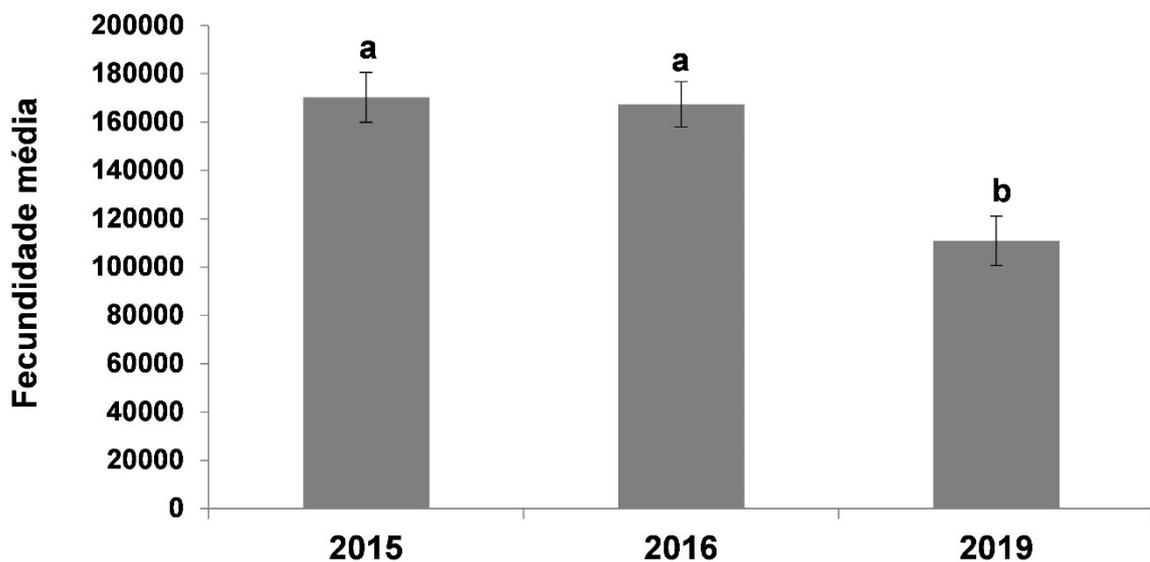
Há diferença significativa entre a fecundidade média nos dois estuários avaliados (Mann-Whitney, $p = 0,01$) como apresentado na Figura 59, onde a fecundidade média do PAM ($147173,4 \pm 32190,23$ ovos) é superior à do SM ($110868,3 \pm 32190,23$ ovos). A ausência de dados pretéritos da fecundidade para o PAM não permite verificar se há declínio ou aumento nesta variável ao longo dos anos, destacando a importância do monitoramento em longo prazo para avaliar o comportamento reprodutivo e ecológico da espécie. No entanto, estudos realizados em 2015 e 2016 por Porto (2016) permitem observar o declínio da variável quando comparado com os dados do presente estudo para o estuário SM (ANOVA, $p = 0,0004$) (Figura 60).

Figura 59: Fecundidade de *Ucides cordatus* (Linnaeus, 1763) no estuário do rio São Mateus e Piraquê Açú-Mirim. As letras diferentes entre as medianas indicam diferença estatística (Mann-Whitney, $p \leq 0,05$).



Fonte: Autoria própria.

Figura 60: Fecundidade de *Ucides cordatus* (Linnaeus, 1763) no estuário do rio São Mateus em 2015, 2016 (Porto, 2016) e 2019. As barras indicam erro padrão da média e letras diferentes entre as médias indicam diferença estatística (ANOVA, $p \leq 0,05$).



Fonte: Autoria própria.

A análise da fecundidade de *U. cordatus* abrangendo maior escala temporal torna-se necessária uma vez que os eventos reprodutivos ocorrem entre janeiro e abril, meses de maior fotoperíodo, temperatura e precipitação (Pinheiro e Fiscarelli, 2001), para avaliar se o declínio observado no estuário SM é consequência dos impactos da pluma de rejeitos de minério. A ausência de dados pretéritos para as demais áreas de estudo não permite averiguar se há aumento ou declínio na fecundidade estimada para a espécie. Conhecer esta variável nos demais estuários permite realizar diagnóstico da resposta

da população frente aos possíveis impactos em seu habitat. Vale ressaltar que o número de ovos produzidos pelos crustáceos decápodes pode variar amplamente de acordo com a filogênese, nicho e habitat (DU PREEZ E MACLACHLAN, 1984). Os diferentes padrões reprodutivos dos crustáceos são resultado da interação entre os processos endógenos e padrões exógenos (PINHEIRO et al., 2003).

4.3 INICIAÇÃO CIENTÍFICA GENÉTICA

A diversidade genética de uma espécie é de conhecimento fundamental no processo de conservação de recursos genéticos (FRANKHAM, 2002) e, conseqüentemente, para o gerenciamento de espécies ameaçadas de extinção, e por esta razão, tem sido atualmente um dos temas de grande relevância. O sucesso de um plano de conservação e manejo depende significativamente do conhecimento da variação genética da espécie em estudo (CRUZ, 2011). Os marcadores moleculares tornaram-se as principais ferramentas para o estudo de caracterização genética, e para a conservação de espécies “*in situ*” e “*ex situ*” que se encontram ameaçadas de extinção (HAIG1998). A verificação de divergências nas sequências de DNA por meio da técnica de sequenciamento tem gerado dados importantes sobre a origem e o grau de variação dos seres vivos, isso gera uma discussão sobre manejo genético e conservação. Esses marcadores destacam-se ainda na identificação de espécies críticas, que anteriormente eram pertencentes a espécies taxonomicamente definidas (MARQUES, 2002).

4.3.1 Materiais e métodos

Para as análises genéticas tanto de *Cardisoma guanhumi* quanto de *Ucides cordatus*, foram coletados de manguezais no Estado do Espírito Santo (Quadro 18) amostras de tecido muscular oriundas de patas (pereiópodes) armazenadas em etanol 96% e mantidas em laboratório para análises posteriores.

A extração de DNA é o primeiro passo para utilizá-lo em técnicas moleculares. Neste aspecto a qualidade do DNA é fundamental para o sucesso nas etapas posteriores. Existem diferentes protocolos de extração que variam em função do tipo de tecido a ser trabalhado, o escolhido para esse trabalho foi o protocolo de extração salina (BRUFORD et al., 1992, adaptado por David Vieites).

Em seguida as amostras de DNA foram quantificadas em espectrofotômetro (NanoDrop – ND-2000, Uniscience), utilizando-se 2 µL das soluções a fim de se obter a quantidade de DNA, em nanogramas, presente em 1 µL de solução final resultante da extração. Os procedimentos e análises laboratoriais foram desenvolvidos no Laboratório de Genética e Conservação Animal do Centro Universitário Norte do Espírito Santo (CEUNES), Universidade Federal do Espírito Santo (UFES), São Mateus.

4.3.2 Resultados e Discussão

Foram coletados até o momento 47 amostras como mostra o Quadro 18, todas foram submetidas ao processo de extração de DNA e de quantificação por espectrofotometria, como mostra a Quadro 19, e posteriormente algumas foram submetidas ao procedimento de eletroforese (Figura 61).

Os primers que serão utilizadas para amplificação da região microssatélite de *U. cordatus* para o gene *COI* de *C. guanhami* já foram selecionados conforme Quadro 20 e Quadro 21, respectivamente. O sequenciamento será realizado em parceria com o Prof. Dr. Samuel Rezende Paiva no laboratório de Genética Animal da Embrapa de Brasília.

Quadro 18: Número de amostras coletadas, local e data da coleta, espécie e sexo dos indivíduos.

AMOSTRA	DATA	ESPÉCIE	LOCAL	SEXO
1	Dec-18	<i>Ucides cordatus</i>	Aracruz	M
2	Dec-18	<i>Ucides cordatus</i>	Urussuquara	M
3	Dec-18	<i>Ucides cordatus</i>	Aracruz	M
4	Dec-18	<i>Ucides cordatus</i>	Aracruz	F
5	Dec-18	<i>Ucides cordatus</i>	Aracruz	M
6	Dec-18	<i>Ucides cordatus</i>	Aracruz	M
7	16/01/2019	<i>Ucides cordatus</i>	Urussuquara	M
8	16/01/2019	<i>Ucides cordatus</i>	Urussuquara	M
9	16/01/2019	<i>Cardisoma guanhami</i>	Urussuquara	M
10	16/01/2019	<i>Cardisoma guanhami</i>	Urussuquara	M
11	17/01/2019	<i>Cardisoma guanhami</i>	São Mateus	M
12	17/01/2019	<i>Cardisoma guanhami</i>	São Mateus	F
13	17/01/2019	<i>Ucides cordatus</i>	São Mateus	M
14	17/01/2019	<i>Ucides cordatus</i>	São Mateus	M
15	18/01/2019	<i>Cardisoma guanhami</i>	Barra Nova	M
16	18/01/2019	<i>Cardisoma guanhami</i>	Barra Nova	M
17	18/01/2019	<i>Ucides cordatus</i>	Barra Nova	F
18	18/01/2019	<i>Ucides cordatus</i>	Barra Nova	M
19	9/1/2019	<i>Ucides cordatus</i>	Aracruz	
20	9/1/2019	<i>Ucides cordatus</i>	Aracruz	
21	9/1/2019	<i>Ucides cordatus</i>	Aracruz	
22	9/1/2019	<i>Ucides cordatus</i>	Aracruz	
23	9/1/2019	<i>Ucides cordatus</i>	Aracruz	
24	9/1/2019	<i>Ucides cordatus</i>	Aracruz	
25	9/1/2019	<i>Cardisoma guanhami</i>	Aracruz	
26	9/1/2019	<i>Cardisoma guanhami</i>	Aracruz	
27	9/1/2019	<i>Cardisoma guanhami</i>	Aracruz	
28	9/1/2019	<i>Cardisoma guanhami</i>	Aracruz	
29	9/1/2019	<i>Cardisoma guanhami</i>	Aracruz	
30	9/1/2019	<i>Cardisoma guanhami</i>	Aracruz	
31	18/03/2019	<i>Ucides cordatus</i>	São Mateus	M
32	18/03/2019	<i>Ucides cordatus</i>	São Mateus	F
33	18/03/2019	<i>Ucides cordatus</i>	São Mateus	M
34	21/03/2019	<i>Ucides cordatus</i>	São Mateus	M
35	21/03/2019	<i>Ucides cordatus</i>	São Mateus	M
36	21/03/2019	<i>Ucides cordatus</i>	São Mateus	M
37	25/03/2019	<i>Ucides cordatus</i>	São Mateus	F
38	26/03/2019	<i>Ucides cordatus</i>	Barra Nova	M
39	26/03/2019	<i>Ucides cordatus</i>	Barra Nova	M
40	26/03/2019	<i>Ucides cordatus</i>	Barra Nova	M
41	27/03/2019	<i>Ucides cordatus</i>	Barra Nova	M
42	27/03/2019	<i>Ucides cordatus</i>	Barra Nova	M
43	27/03/2019	<i>Ucides cordatus</i>	Barra Nova	M
44	27/03/2019	<i>Ucides cordatus</i>	Barra Nova	M
45	27/03/2019	<i>Ucides cordatus</i>	Barra Nova	M
46	27/03/2019	<i>Ucides cordatus</i>	Barra Nova	M
47	27/03/2019	<i>Ucides cordatus</i>	Barra Nova	M

Fonte: Autoria própria.

Quadro 19: Quantificação de DNA para as espécies *Ucides cordatus* e *Cardisoma guanhumii*.

AMOSTRA	CONCENTRAÇÃO DE DNA NG/ µl	DNA/ PROTEINA 260/280	DNA/ CONTAMINANTE 260/230
1	252,9	1,40	0,55
2	420,5	1,32	0,60
3	69,7	1,45	0,54
4	601,4	1,80	0,78
5	609,2	1,91	0,98
6	61,4	1,43	0,31
7	1061,8	2,91	0,70
8	175,5	7,14	0,38
9	218,9	2,04	0,49
10	57,0	1,67	0,46
11	79,0	2,58	1,10
12	69,6	1,83	0,56
13	610,6	2,68	1,34
14	275,5	1,77	0,79
15	57,0	2,10	0,53
16	216,2	1,82	0,56
17	102,4	1,79	0,51
18	619,3	1,76	0,79
19	44,7	1,81	0,48
20	110,4	1,25	0,55
21	82,4	2,48	0,90
22	27,5	2,06	0,85
23	32,6	1,79	0,55
24	58,1	2,00	0,72
25	81,9	2,57	1,16
26	149,6	2,16	0,96
27	453,3	2,30	0,57
28	820,3	2,15	0,80
29	66,2	2,17	1,07
30	111,4	2,19	0,91
31	47,2	1,56	0,41
32	31,3	1,62	0,8
33	66,8	1,69	0,58
34	60,6	1,40	0,34
35	46,6	1,25	0,18
36	28,0	1,40	0,27
37	30,8	1,65	0,44
38	17,2	1,20	0,24
39	32,9	1,09	0,19
40	52,6	2,46	0,98
41	20,5	1,49	0,39
42	53,7	1,48	0,36
43	43,5	1,40	0,29
44	12,8	1,17	0,18
45	23,2	1,75	0,40
46	20,4	1,38	0,23
47	31,1	1,50	0,31

Fonte: Autoria própria.

Quadro 20: Primers selecionados para a amplificação da região microsatélite em *U. cordatus*.

LOCI	Nº CESSO DO GENBANK	INICIADORES (5' – 3')
P2D8	FJ447548	F:GCCGCTTACTATGGACTTGATG R:CTTTTACCTCCTCCGAAAGGAC
CAF6	FJ447549	F: TCCCTTGATACCTCCTCCAC R: CTCAGAAGTTGTTCCGGATGG
P2D3	FJ447550	F: TCCCTTGATACCTCCTCCAC R: CTCAGAAGTTGTTCCGGATGG
CAG7	FJ447551	F:CCAGGATGTTATGAAGCTGGTC R: GATTCTGCTGCCTCGTTTG
11AH12	FJ447552	F:CCAGGATGTTATGAAGCTGGTC R: GATTCTGCTGCCTCGTTTG
CAC12	FJ447553	F: AGACTGGGACAGCATGTGAA R: ATCCTCTACTCTCGTGTGCCT
P2G6	FJ447554	F:AGGACGTTTAGAGGATTGGAGG R: CTCAGTCCGGTGTAGAGCAAG
CAG9	FJ447555	F: GACACGTTTCCTTGTTGCTGCG R:GGACGACACTACTGACACCTAGC
P3C3	FJ447556	F:GGGAAGTAAATATGGAGAGAACGA R: TCCTTACCCACCACCTCATAA
01H3 FJ447557	FJ447557	F: GCCCTGAAGATACACCAGATAA R: CTTACAAACGAGAAAGAAAGGG

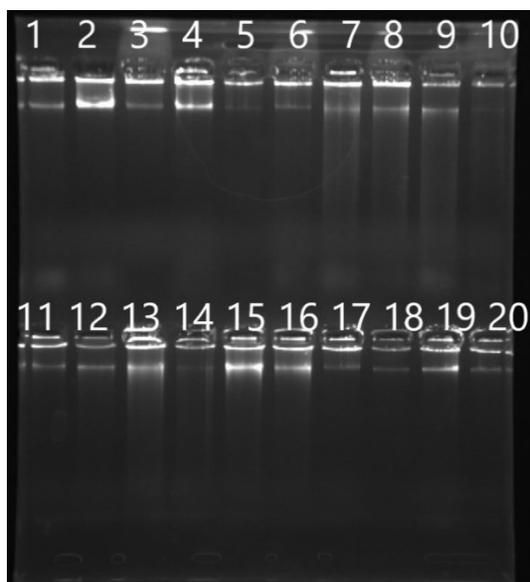
Fonte: Autoria própria.

Quadro 21: Primers selecionados para amplificação da região *COI* em *C. guanhami*.

PRIMERS	SEQUÊNCIAS	TM (C°)	REGIÃO FLANQUEADORA	REFERÊNCIA
DLUSSA-F	5'-GTA TAA CCG CGA ATG CTG GCA C-3'	58,8°	DNAmT 12S	Oliveira-Neto et al. 2007
ILEUCA-R	5'-CCT TTT AAA TCA GGC ACT ATA- 3'	47,6°	DNAmT RC	Oliveira-Neto et al. 2007

Fonte: Autoria própria.

Figura 61: Eletroforese em gel de agarose de *C. guanhami* (1-10) e de *U. cordatus* (11-20).



Fonte: Autoria própria.

4.4 CONCLUSÃO

Os resultados de densidade de *U. cordatus* e *C. guanhumi* apresentados até momento não permitem inferir sobre os potenciais impactos dos metais traço presentes na pluma de rejeitos de minérios provenientes do rompimento da barragem de Fundão sobre a população das espécies. No entanto, há estudos disponíveis na literatura que evidenciam os efeitos dos metais pesados sobre os indivíduos de *U. cordatus*. Recomenda-se veemente a continuidade deste estudo para verificar os possíveis impactos sobre a estrutura populacional e a fecundidade das espécies avaliadas.

O monitoramento em longo prazo da estrutura populacional dos decápodes *U. cordatus* e *C. guanhumi* é promissor para a avaliação dos possíveis impactos, agudos ou crônicos, ocasionados pela presença de metais pesados no sedimento e nas folhas da vegetação do ecossistema manguezal, principal fonte de alimentação para *U. cordatus* (Nordhaus et al., 2007), sobre essas populações.

Do ponto de vista ecológico, a continuidade do presente monitoramento torna-se crucial para que os possíveis efeitos graduais da pluma de rejeitos de minério e a magnitude dos potenciais impactos possam ser detectados, em longo prazo, e mensurados, com ênfase no manejo da população de *U. cordatus* e *C. guanhumi*, importante recurso socioeconômico.

4.5 REFERÊNCIAS

- AHEARN, G. A.; MANDAL, P. K.; MANDAL, A. 2004. Mechanisms of heavy-metal sequestration and detoxification in crustaceans: a review. *Journal of Comparative Physiology*, v. 174, n. 6, p. 439-452.
- ALMEIDA, E. V. 2016. Influência do ciclo reprodutivo do caranguejo de mangue *Ucides Cordatus* (Linnaeus, 1763) nas dinâmicas de elementos-traços. Tese de doutorado, Universidade Federal Fluminense, Rio de Janeiro.
- ALVES, R. R. N.; NISHIDA, A. K. 2004. Estrutura populacional do caranguejo de manguezal *Ucides cordatus* (Crustacea: Decapoda; Brachyura) no estuário do rio Mamanguape, Nordeste do Brasil. *Tropical Oceanography*, v. 32, n. 1, p. 23-37.
- AMIARD, J. C.; AMIARD-TRIQUET, C.; BERTHETE, B.; METAYER, C. 1987. Comparative study of the patterns of bioaccumulation of essential (Cu, Zn) and non-essential (Cd, Pb) trace metals in various estuarine and coastal organisms. *Journal of Experimental Marine Biology*, v. 106, p. 73-89.
- BANCI, K. R. S.; MORI, G. M.; DE OLIVEIRA, M. A.; PAGANELLI, F. L.; PEREIRA, M. R.; PINHEIRO, M. A. A. 2017. Can environmental pollution by metals change genetic diversity? *Ucides cordatus* (Linnaeus, 1763) as a study case in Southeastern Brazilian mangroves. *Marine Pollution Bulletin*, v. 116, n. 1-2, p. 440-447.
- BELTRAME, M. O.; DE MARCO, S. G.; MARCOVECCHIO, J. E. 2011. The burrowing crab *Neohelice granulata* as potential bioindicator of heavy metals in estuarine systems of the Atlantic coast of Argentina. *Environmental Monitoring and Assessment*, v. 172, p. 379–389.
- BORGES, L.C. e FERREIRA, D. F. 2003. Poder e taxas de erro tipo I dos testes Scott-Knott, Tukey e Student-Newman-Keuls sob distribuições normal e não normais dos resíduos. *Rev. Mat. Estat.*, São Paulo, 21(1): 67-83.
- BOSCO-SANTOS, A.; LUIZ-SILVA, W.; DA SILVA-FILHO, E. V.; DE SOUZA, M. D. C.; DANTAS, E. L., NAVARRO, M. S. 2017. Fractionation of rare earth and other trace elements in crabs, *Ucides cordatus*, from a subtropical mangrove affected by fertilizer industry. *Journal of Environmental Sciences* v. 54, p. 69-76.
- BRANCO J. O.; AVILAR, M. G. 1992. Fecundidade em *Callinectes danae* Smith (Decapoda, Portunidae) da lagoa da Conceição, Florianópolis, Santa Catarina, Brasil. *Revista Brasileira de Zoologia*, v. 9, p. 167-173.
- BRUFORD MW, HANOTTE O, BROOKFIELD JFY, BURKE T. 1992. Single-Locus and DNA fingerprinting. In: Hoelzel AR (ed) *Molecular genetic analyses of populations. A Practical Approach*. IRL Press, Oxford, pp 225–269

- BROMENSCHENKEL, V. C. S. 2016. Estimativa da população de *Ucides cordatus* em Reserva de Desenvolvimento Sustentável (RDS). Dissertação de mestrado, Universidade Federal do Espírito Santo.
- CONTI, R. D. C.; NALESSO, R. C. 2010. Status of the population structure of the mangrove crab *Ucides cordatus* (Decapoda: Ocypodidae) on the Piraquê-açu River estuary, Espírito Santo, Brazil. *Brazilian Journal of Oceanography*, v. 58, n. 2, p. 81-92.
- CRUZ, C. D. 2016. Genes Software – extended and integrated with the R, Matlab and Selegen. *Acta Scientiarum. Agronomy*, v. 38, n. 4, p. 547-552.
- CRUZ C. D; FERREIRA F. M; PESSONI L. A. *Biometria aplicada ao estudo da diversidade genética*. Visconde do Rio Branco: Suprema, p. 620, 2011.
- DALLAL, G.E. & WILKINSON, L. 1986. An analytic approximation to the distribution of Lilliefors's test for normality. *The American Statistician*, 40, 291–296.
- DIELE, K. 2000. Life History and Population Structure of the Exploited Mangrove Crab *Ucides cordatus cordatus* (Linnaeus, 1763) (Decapoda: Brachyura) in the Caeté Estuary, North Brazil. Tese de Doutorado, Universidade de Bremen, Bremen, 116 p.
- DU PREEZ, H. H.; MCLACHLAN, A. 1984. Biology of the three spot swimming crab *Ovalipes punctatus* (De Haan) III. Reproduction, fecundity and egg development. *Crustaceana*, v. 47, p. 285-297.
- FRANKHAM, R.; BALLOU, J. D.; BRISCOE, D. A. 2002. *Introduction to Conservation Genetics*. *Austral Ecology*, v. 27,
- FIRMO, A. M. S., TOGNELLA, M. M. P; CÓ, W. L.O.; BARBOZA, R. R. D.; ALVES, R. R. N. 2011. Perceptions of environmental changes and lethargic crab disease among crab harvesters in a Brazilian coastal community. *Journal of ethnobiology and ethnomedicine*, v. 7, n. 1, p. 34,
- FLEWELLING, L. J.; NAAR, J. P.; ABBOTT, J. P.; BADEN, D. G.; BARROS, N. B.; BOSSART, G. D.; BOTTEIN, M. Y. D.; HAMMOND, D. G.; HAUBOLD, E.M.; HEIL, C. A.; HENRY, M.S.; JACOCKS, H. M.; LEIGHFIELD, T. A.; PIERCE, R. H.; PITCHFORD, T. D.; ROMMEL, S. A.; SCOTT, P.S.; STEIDINGER, K. A.; TRUBY, E. W.; DOLAH, F. M. V.; LANDSBERG, J.H. 2005. Brevetoxicosis: red tides and marine mammal mortalities. *Nature*, v. 435, p. 755.
- FONTELES-FILHO, A. A. 1979. *Recursos Pesqueiros: Biologia e Dinâmica Populacional*, Imprensa Oficial do Ceara, Fortaleza.
- GOMES, L. E. O.; CORREA, L. B.; SÁ, F.; NETO, R. R.; BERNARDINO, A. F. 2017. The impacts of the Samarco mine tailing spill on the Rio Doce estuary, Eastern Brazil. *Marine Pollution Bulletin*, v. 120, n. 1-2, p. 28-36.
- GOTELLI, N. J. e ELLISON, A. M. 2011. *Princípios de Estatística em Ecologia*. Porto Alegre, Artmed, 527 p.

- HAIG, S. M. 1998. Molecular contributions to conservation. *Ecology*, v. 79. nº 2 p. 413-425.
- HEIDARIEH, M.; MARAGHEH, M. G.; SHAMAMI, M. A.; BEHGAR, M.; ZIAEI, F.; AKBARI, Z. 2013. Evaluate of heavy metal concentration in shrimp (*Penaeus semisulcatus*) and crab (*Portunus pelagicus*) with INAA method. *Springer Plus*, v. 2, n. 1, p. 72.
- IBAMA/CEPENE. 1994. Relatório da reunião do Grupo Permanente de Estudos do caranguejo-uçá. 53p.
- IBAMA. Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis. Portaria Nº. 52, de 30 de setembro de 2003 - Defeso pesqueiro do Caranguejo-Uçá (*Ucides cordatus*).
- JESUS, H. C.; FERNANDES, L. F. L.; ZANDONADE, E.; ANJOS-JR, E. E.; GONÇALVES, R. F.; MARQUES, F. C.; REIS, L. A.; ROMANO, C. T.; TEIXEIRA, R. D.; SANTOS-SAD, C. M. 2003. Avaliação da contaminação por metais pesados em caranguejos e sedimentos de áreas de manguezal do sistema estuarino de Vitória-ES. Relatório Técnico-Projeto Facitec/Prefeitura Municipal de Vitória, Vitória, Brasil, 40p.
- KRUITWAGEN, G.; PRATAP, H. B.; COVACI, A.; WENDELAAR BONGA, S. E. 2008. Status of pollution in mangrove ecosystems along the coast of Tanzania. *Marine Pollution Bulletin*, v. 56, p. 1022-1031.
- LEGENDRE, P. e LEGENDRE, L. 2003. Numerical Ecology. Amsterdam, Elsevier, *Development in Environmental Modelling*, 20, 854 p.
- MACDONALD, J. M.; SHIELDS, J. D.; ZIMMER-FAUST, R. K. 1988. Acute toxicities of eleven metals to early life-history stages of the yellow crab *Cancer anthonyi*. *Marine Biology*, v. 98, p. 201-207.
- MARQUES, D. K. S. Aplicação da Biologia Molecular em Programas de Conservação de Recursos Pesqueiros. Corumbá: Embrapa Pantanal, p. 22, 2002.
- MELO, G. A. S. 1996. Manual de identificação dos Brachyura (caranguejos e siris) do litoral brasileiro. 1 edition. São Paulo: Plêiade.
- NORDHAUS, I.; WOLFF, M. 2007. Feeding ecology of the mangrove crab *Ucides cordatus* (Ocypodidae): food choice, food quality and assimilation efficiency. *Marine Biology*, v. 151, n. 5, 1665-1681.
- OGAWA, E. F.; ROCHA, C. A. S. 1976. Sobre a fecundidade de crustáceos decápodes marinhos do Estado do Ceará, Brasil. *Arquivos de Ciências do Mar*, v. 16, p. 101-104.
- PADILLA, C.; FORTES, M. D.; DUARTE, C. M.; TERRADOS, J.; KAMP-NIELSEN, L. 2004. Recruitment, mortality and growth of mangrove (*Rhizophora* sp.) seedlings in Ulugan Bay, Palawan, Philippines. *Trees*, v. 18, n. 5, p. 589-595.
- PIMENTEL-GOMES, F. 2009. Curso de estatística experimental. 15. Ed., Piracicaba: Fealq, 451p.

- PINHEIRO, M. A. A.; FISCARELLI, A. G. 2001. Manual de apoio à fiscalização do caranguejo-uçá (*Ucides cordatus*). Unesp/Cepsul/Ibama.
- PINHEIRO, M. A. A.; Fiscarelli, A. G.; Hattori, G. Y., 2005. Growth of the mangrove crab *Ucides cordatus* (Brachyura, Ocypodidae). *Journal of crustacean biology* 25(2), 293-301.
- PINHEIRO, M. A. A.; SILVA, P. P.G.; DUARTE, L. F.A.; ALMEIDA, A. A.; ZANOTTO, F. P. 2012. Bioaccumulation of a range of metals in the mangrove crab *Ucides cordatus* (Crustacea: Ocypodidae) and its food source, the red mangrove *Rhizophora mangle* (Angiosperma: Rhizophoraceae). *Ecotoxicology and Environmental Safety*, v. 81, p. 114–121.
- PINHEIRO, M. A. A.; HATTORI, G. Y. 2003. Embryology of the mangrove crab *Ucides cordatus* (Brachyura: Ocypodidae). *Journal of Crustacean Biology*, v. 23, 729-737.
- PINHEIRO, M. A. A.; SOUZA, C. A.; ZANOTTO, F. P.; TORRES, R. A., PEREIRA, C. D. S. 2017. The crab *Ucides cordatus* (Malacostraca, Decapoda, Brachyura) and other related taxa as environmental sentinels for assessment and monitoring of tropical mangroves from South America. In *Ecotoxicology and Genotoxicology*, pp. 212-242.
- PORTO, L. A. 2016. Estrutura Populacional do *Ucides Cordatus* (Linnaeus,1763) (Crustacea: Decapoda: Brachyura): Subsídios para a Gestão da Espécie. Monografia, Universidade Federal do Espírito Santo, Espírito Santo.
- SANT'ANNA, B. S. Biologia reprodutiva do caranguejo-uçá, *Ucides cordatus* (Linnaeus, 1763), em Iguape, SP, Brasil. 2006. 64 f. Dissertação (Mestrado em Aqüicultura e Pesca), Instituto de Pesca, São Paulo, 2006.
- SCHMIDT, A. J.; THEIL, C. M. I.; GALLI, O. B. S. 2008. Estudos preliminares sobre efeitos de uma mortalidade em massa em uma população de caranguejo uçá, *Ucides cordatus* (Linnaeus, 1763) (Crustacea, Decapoda, Brachyura). *Caravelas (Bahia-Brasil). Boletim Técnico Científico CEPENE*, v. 16, n. 1, 43-49.
- SILVA, R.; OSHIRO, L. M. Y. 2002. Aspectos reprodutivos do caranguejo Guaiamum, *Cardisoma guanhumi* (Crustacea, Decapoda, Gecarcinidae) da Baía de Sepetiba, Rio de Janeiro, Brasil. *Revista Brasileira de Zoologia*, v. 19, p. 71-78.
- ZAR, J. H. 1999. *Biostatistical Analysis*. New Jersey, Prencite Hall, 663 p. + apêndices.

5 SUBPROJETO: DIAGNÓSTICO DE CONTAMINAÇÃO DA VEGETAÇÃO DO MANGUEZAL POR METAIS

5.1 OBJETIVO

Planejar coletas, processamento e análise química de amostras vegetais *in situ* para análise de metais; Coletar propágulos viáveis em campo para cultivo e cultivar plantas de mangue em hidroponia; Auxiliar nas análises das atividades anti-oxidantes e radicalar do material vegetal; Correlacionar os efeitos tóxicos dos metais nas plantas *in situ* com as plantas *ex situ*.

5.2 RESULTADOS E DISCUSSÃO

5.2.1 Análise química

As coletas das folhas em campo para análise química ocorreram em dezembro de 2018. As amostras foram coletadas de acordo com o protocolo preestabelecido, pesadas, armazenadas em sacos de papel, identificadas e levadas ao laboratório. No laboratório foram secas em estufa de circulação forçada de ar a temperatura de 65°C até peso constante (Figura 62). Foi obtido o peso seco e posteriormente as amostras foram encaminhadas para a análise química (Figura 63). Estamos aguardando os resultados dessas análises para os primeiros resultados diretos da possível contaminação da vegetação por metais pesados. Esses resultados serão comparados com valores padrões de acordo com literatura específica. Diante disso será possível verificar se ocorreu a elevação na concentração dos metais Arsênio (As), cádmio (Cd), chumbo (Pb), cobre (Cu), cromo (Cr), ferro (Fe), manganês (Mn), mercúrio (Hg) e zinco (Zn) na planta.

Figura 62: Amostras de folhas armazenadas em sacos de papel, identificadas e mantidas em estufa de circulação forçada de ar a temperatura de 65°C até peso constante.



Fonte: Autoria própria.

Figura 63: Preparo das amostras para envio ao laboratório de análises químicas.



Fonte: Autoria própria.

Foram obtidos a massa fresca e seca das folhas que permitiram o cálculo da porcentagem de matéria seca das folhas de *Rhizophora mangle* (Tabela 10), *Rhizophora mangle* e *Avicennia* sp. (Quadro 22), *Rhizophora mangle* e *Laguncularia racemosa* (Quadro 23), *Talipariti pernambucense* (Tabela 11). O valor médio de massa seca das plantas gira em torno de 30%, com valores mínimo de 22,40 e máximo de 36,24%.

Tabela 10: Porcentagem de massa seca (%) de folhas de *Rhizophora mangle* coletadas em diferentes regiões de mangue do litoral Capixaba e sul Baiano.

Ponto	Franja ou Bacia	Margem	Piraquê-Açu	Piraquê-Mirim	São Mateus	Caravelas*	Barra do Riacho	Urussuquara
1	F	D	32,27	33,17	34,14	28,52	26,03	
1	B	D	32,13	32,74	36,24	28,83		
2	F	D	30,90	33,02	32,83	29,65	33,38	30,15
2	B	D	30,80	32,26	—	28,31 Lg		
3	F	D	31,07	32,34	26,09	23,64 Av	26,74	
3	B	D	32,56	32,55	26,80	28,29		
1	F	E	31,91	29,81	27,26	30,99		31,98
1	B	E	30,84	30,63	32,16	30,74		
2	F	E	29,54	32,93	31,89	30,52		
2	B	E	32,20	34,70	32,45	30,16		
3	F	E	30,25	33,67	27,70	31,45		27,98
3	B	E	31,88	26,12	31,70	26,38 Lg		32,49
Média Geral			31,36	32,00	30,84	28,96	28,72	30,65

Fonte: Autoria própria.

* Para Caravelas Lg = *Laguncularia racemosa* e Av = *Avicennia*. Nos três pontos destacados não foram encontradas *Rhizophora mangle* para coleta.

Quadro 22: Porcentagem de massa seca (%) de folhas de *Rhizophora mangle* e *Avicennia schaueriana* coletadas nas Costas da Algas-ES

Local	Ponto	(%)	Espécie
Praia	1	22,40	<i>Rhizophora mangle</i>
Sauê	2	29,64	<i>Rhizophora mangle</i>
Sahy	3	34,04	<i>Avicennia schaueriana</i>

Fonte: Autoria própria.

Quadro 23: Porcentagem de massa seca (%) de folhas de *Rhizophora mangle* e *Laguncularia racemosa* coletadas em Barra Nova-ES

Ponto	Franja ou bacia	Margem	Média	Espécie
1	F	E	31,71	<i>Rhizophora mangle</i>
1	B	E	28,32	<i>Laguncularia racemosa</i>
2	F	D	32,44	<i>Rhizophora mangle</i>
2	B	D	28,91	<i>Laguncularia racemosa</i>
3	F	E	29,08	<i>Laguncularia racemosa</i>
3	B	E	27,93	<i>Laguncularia racemosa</i>

Fonte: Autoria própria.

Tabela 11: Porcentagem de massa seca (%) de folhas de *Talipariti pernambucense* coletadas na região do Rio Doce-ES

Ponto	Franja ou Bacia	Margem	Média	Espécie
1	F	D	29,56	<i>Talipariti pernambucense</i>
2	F	E	30,63	<i>Talipariti pernambucense</i>
3	F	E	35,40	<i>Talipariti pernambucense</i>
Média Geral			31,86	

Fonte: Autoria própria.

5.2.2 Cultivo *ex situ*

Foram coletados os propágulos de *Rhizophora mangle* e instalado o experimento para cultivo *ex situ* em hidroponia de acordo com as figuras abaixo. Após o aparecimento do primeiro par de folhas serão administrados os tratamentos com concentrações crescentes do metal ferro (Fe). As plantas apresentam as brotações verdes e já desenvolveram raízes na solução nutritiva. Os resultados são estimados de 30 a 60 dias após o início dos tratamentos.

Figura 64: Preparo da solução nutritiva para cultivo de *Rhizophora mangle* em hidroponia.



Fonte: Autoria própria.

Figura 65: Correção de pH da solução nutritiva.



Fonte: Autoria própria.

Figura 66: Enraizamento de *Rhizophora mangle* em hidroponia.



Fonte: Autoria própria.

5.3 CONCLUSÃO

O acompanhamento a campo da contaminação vegetal por metais está previsto semestralmente e o indicador é baseado na análise química das folhas. A princípio a porcentagem de massa seca não expressa resultados que gerem uma discussão. Aguardamos os resultados das análises químicas e do cultivo em hidroponia para maiores esclarecimentos.

O cultivo em hidroponia é fundamental para estabelecer um limite de contaminação por metais em relação a *Rhizophora mangle*. Além de um limite quantitativo de contaminação será possível também determinar sintomas visuais de intoxicação.

6 SUBPROJETO: ESTRUTURA E FUNCIONAMENTO DOS MANGUEZAIS DE SÃO MATEUS, MARIRICU (BARRA NOVA E NATIVO), BARRA SECA (URUSSUQUARA), ARACRUZ (BARRA DO RIACHO, SANTA CRUZ E PIRAQUÊ-AÇÚ, MIRIM) E CARAVELAS.

6.1 OBJETIVO

Determinação da produção primária de florestas de manguezal.

6.2 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Foram realizadas três coletas para a caracterização fisiológica da vegetação da área de influência direta do desastre ambiental do Rio Doce bem como as áreas de influência consideradas atualmente como indiretas, a saber: Rios Piraquê-Açú e Mirim (Aracruz), Rio Urussuquara (Barra Seca), Rio Mariricu e Córrego de Barra Nova (São Mateus) e Rio São Mateus (São Mateus e Conceição da Barra).

A seguir são apresentados os resultados de salinidade, produção primária por meio de técnica de assimilação de carbono e de fluorescência da clorofila a e biometria. As coletas foram realizadas em novembro de 2018 e fevereiro de 2019.

6.2.1 Salinidade

Os resultados da estatística descritiva e comparação de medianas da salinidade a partir de avaliações feitas entre novembro de 2018 e fevereiro de 2019 em diferentes estuários no norte do estado do Espírito Santo e sul da Bahia são apresentados no Quadro 24. Os resultados obtidos para a salinidade comparados entre os três campos (novembro de 2018 a fevereiro de 2019) apontaram menores valores de salinidade para o ponto 1 (ponto localizado mais a jusante) nos estuários de Barra do Riacho, Rio Doce e Urussuquara. Neste ponto, os maiores valores foram registrados nos estuários do Piraquê-Mirim, Costa das Algas e Caravelas. Para o estuário de São Mateus, registrou-se um valor intermediário de salinidade para os estuários de Piraquê-Açú e Barra Nova, nenhuma diferença entre os valores de salinidades intermediários e altos foi descrita. No ponto 2 (ponto intermediário no estuário) os maiores valores médios da salinidade foram observados nos estuários do Piraquê-Mirim e Caravelas. Valores intermediários foram registrados no Piraquê-Açú e São Mateus. O estuário de Barra Nova apresentou salinidades comparáveis entre altas e intermediárias para o ponto 2.

Os menores valores de salinidade foram registrados para os estuários de Costa das Algas (Praia do Sauê – um pequeno rio delimita o mangue), Barra do Riacho, Rio Doce e Urussuquara. No ponto 3 (ponto mais à montante do estuário) houve diferenças significativas entre maior e menor salinidade entre os estuários, não ocorrendo salinidade intermediária (Quadro 24). Os maiores valores de salinidade foram registrados nos estuários de Piraquê-Mirim e Caravelas e todos os outros estuários apresentaram menor valor de salinidade, exceto Costa das Algas, para o qual não tem registros para este ponto por se tratar de apenas dois pontos na linha de costa.

Quadro 24: Estatística descritiva do tamanho da amostra (n), média, Mediana (Med), e teste de normalidade de Shapiro-Wilk (SW) para a salinidade entre diferentes estuários para o mesmo ponto e entre diferentes pontos para o mesmo estuário a partir de avaliações feitas entre novembro de 2018 e fevereiro de 2019 no norte do estado do Espírito Santo e sul da Bahia.

Estuário ⁽¹⁾	Ponto 1				Ponto 2				Ponto 3			
	n	SW ⁽²⁾	Média	Med ⁽³⁾	n	SW ⁽²⁾	Média	Med ⁽³⁾	n	SW ⁽²⁾	Média	Med ⁽³⁾
PA	36	N	22,10	24,24ab	24	S	20,79	20,71b	12	N	13,19	6,42b
PM	24	N	30,11	30,96a	24	N	26,48	27,53a	20	N	22,03	21,87a
CA	9	N	24,19	31,86a	9	N	12,27	6,42c				
BR	9	N	11,60	5,59c	7	S	4,78	4,38c	9	N	7,44	3,35b
RD	6	N	4,97	4,84c	9	N	1,52	0,52c	6	N	4,48	4,48b
UR	9	N	14,68	8,74c	9	S	5,98	7,19c	12	S	5,64	4,96b
BN	18	S	23,54	23,42ab	6	S	25,02	25,41ab	18	S	5,09	4,46b
SM	22	N	17,44	20,84b	23	N	16,55	17,2b	12	N	8,42	6,5b
CV	21	S	31,91	31,66a	21	N	31,15	27,3a	21	S	23,68	23,22a

Fonte: Autoria própria.

(1) Estuário: PA = Piraquê-Açú; PM = Piraquê-Mirim; CA = Costa das Algas; RD = Rio Doce; BR = Barra do Riacho; UR = Urussuquara; BN = barra nova; SM = São Mateus; CV = Caravelas.

(2) SW: S = distribuição normal dos dados amostrais; N = não apresenta distribuição normal dos dados.

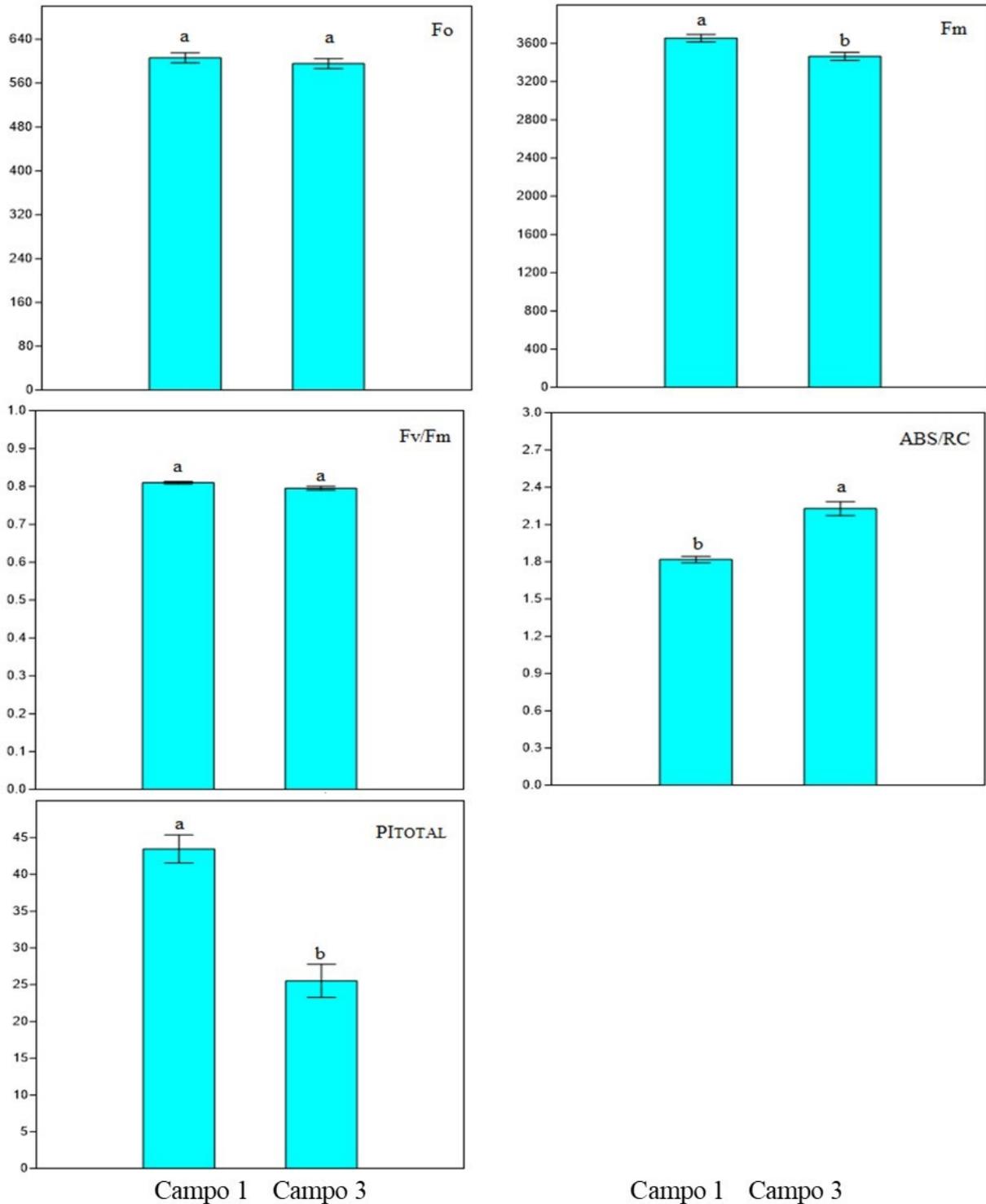
(3) Medianas seguidas por letras minúsculas diferentes, na coluna, indicam diferença significativa a $p \leq 0.05$ pelo teste Kruskal-Wallis/Mann-Whitney.

6.2.2 Fluorescência da clorofila a e Trocas gasosas

Os resultados dos parâmetros da fluorescência da clorofila a obtidos são apresentados nas Figura 67 a Figura 83. Os parâmetros avaliados foram: F_0 – fluorescência inicial, obtida quando todos os centros de reação encontram-se em estado oxidado; F_m – fluorescência máxima, obtida quando todos os centros de reação encontram-se reduzidos; F_v/F_m – produção quântica máxima do fotossistema II (FSII), ABS/RC – fluxo específico de energia para absorção obtida por centro de reação ativo e PI_{Total} – índice de performance ou índice de desempenho fotossintético.

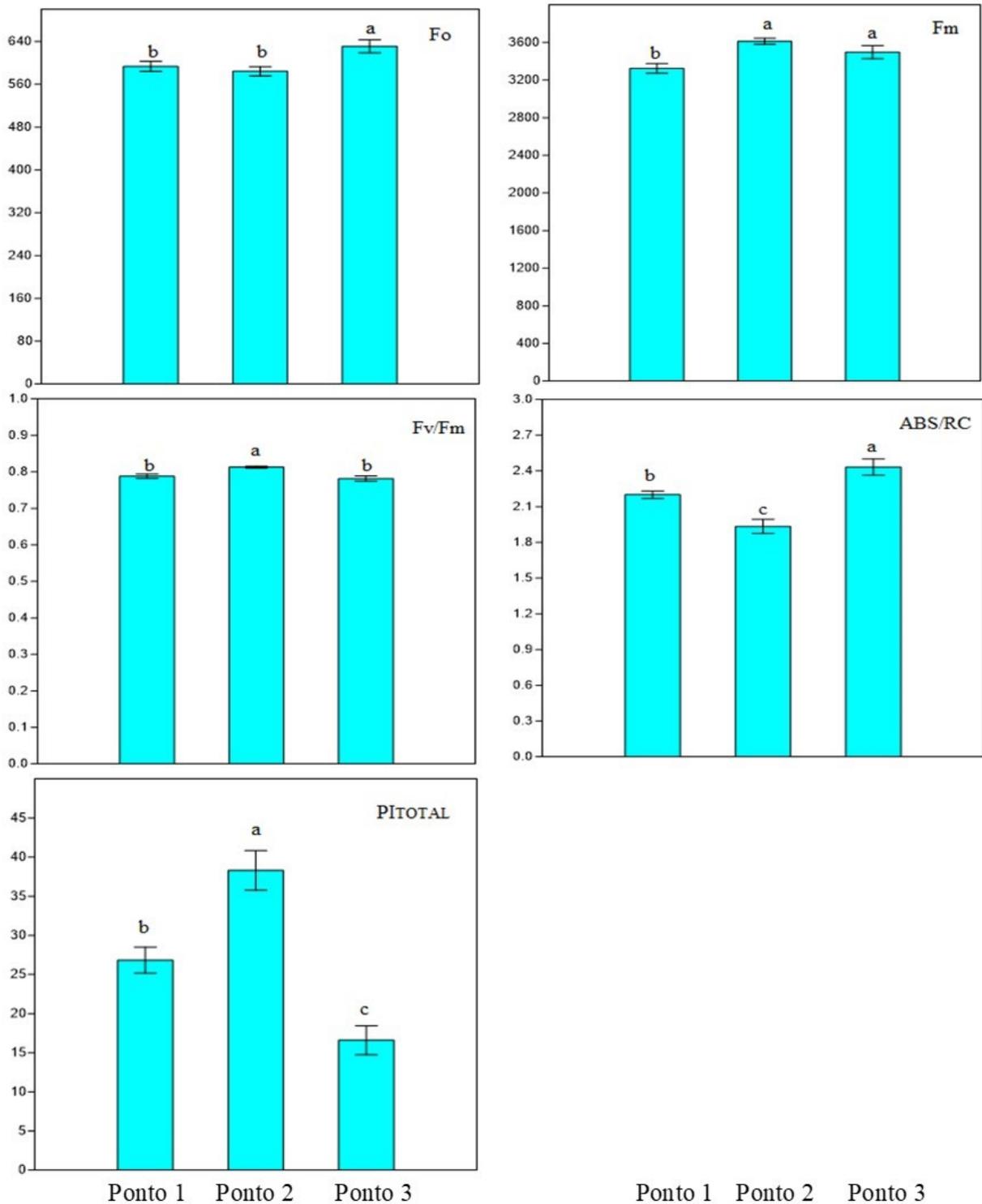
Para *Talipariti pernambucensis*, reduções significativas ($p \leq 0,05$) nos valores de F_m e PI_{total} foram obtidas na terceira amostragem realizada em fevereiro de 2019, comparativamente àquela realizada em novembro de 2018, seguidos por um aumento significativo de ABS/RC no mesmo período (Figura 67). No que diz respeito à comparação do desempenho fotoquímico de *Talipariti pernambucensis* entre os pontos analisados (Pontos 1, 2 e 3), de forma geral, maiores valores de F_0 , F_m , ABS/RC seguidos de reduções em F_v/F_m e PI_{total} foram descritos para o Ponto 3 (Figura 68).

Figura 67: Fluorescência da clorofila a em plantas de *Talipariti pernambucensis* avaliadas no estuário do Rio Doce, no campo 1 (novembro de 2018) e no campo 3 (fevereiro de 2019). Médias seguidas de letras diferentes na comparação entre campos indicam diferença estatística ($p \leq 0.05$) pelo teste Mann-Whitney (barras indicam erro padrão da média; n para campo 1 = 5 folhas; n para campo 3 = 15 folhas).



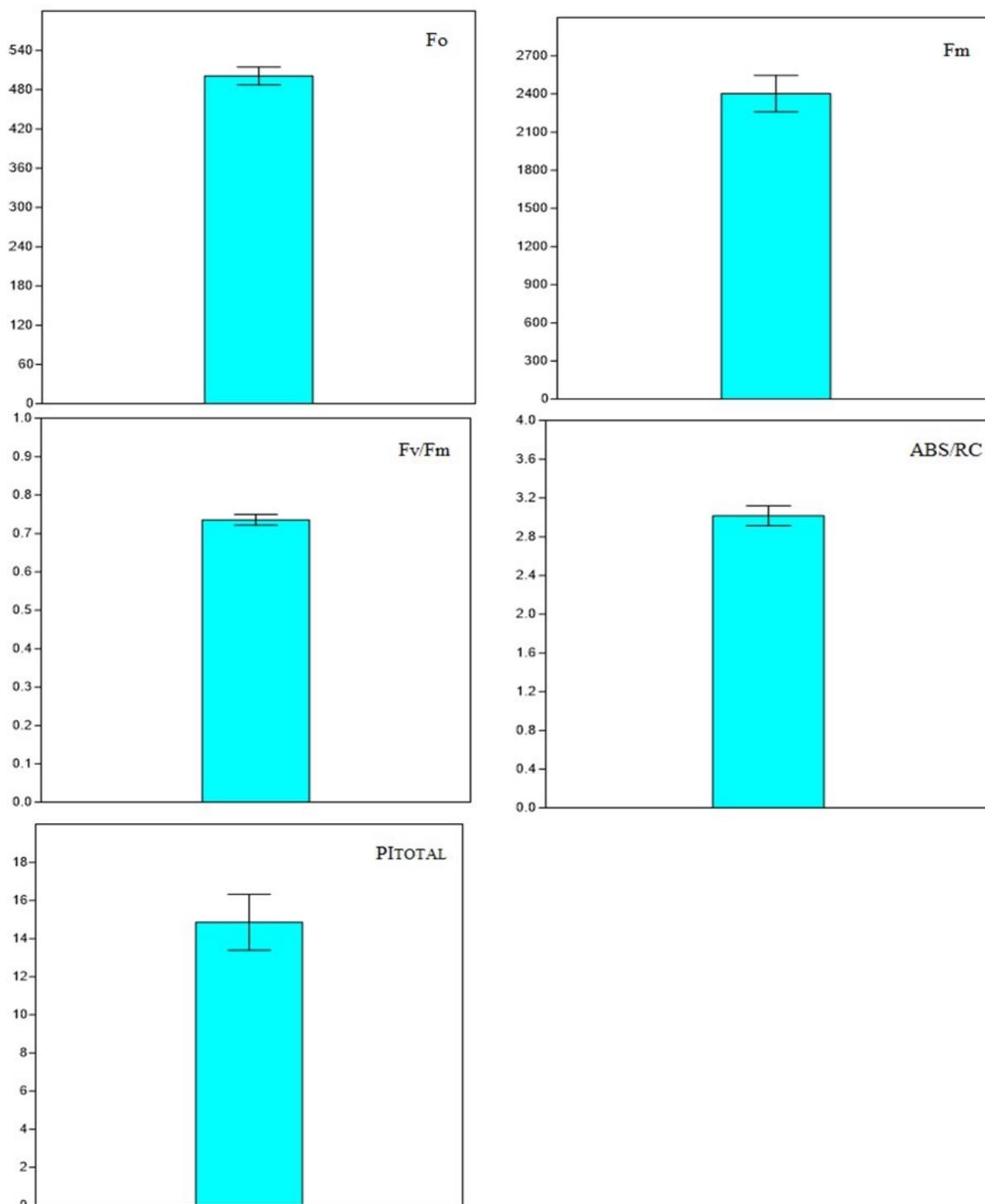
Fonte: Autoria própria.

Figura 68: Fluorescência da clorofila a (F_o , F_m , F_v/F_m , ABS/RC e P_{total}) em plantas de *Talipariti pernambucensis* em folhas da espécie *Hibiscus* em diferentes pontos, no estuário Rio Doce, campo e floresta. Barras indicam erro padrão da média (n = 5, 10 e 5 nos pontos 1, 2 e 3 respectivamente) e, letras diferentes na comparação de médias entre os campos indicam diferença estatística ($p \leq 0.05$) pelo teste Mann-Whitney.



Fonte: Autoria própria.

Figura 69: Fluorescência da clorofila a em plantas de *Avicennia schaueriana* avaliadas no estuário de Costa das Algas, no campo 3 (fevereiro de 2019). Barras indicam erro padrão da média; n = 5 folhas.



Fonte: Autoria própria.

No manguezal de Costa das Algas (Aracruz), Ponto 3, dominado por *Avicennia schaueriana*, valores médios de F₀, F_m e F_v/F_m em torno de 500, 2400 e 0,75 (unidade relativa) foram descritos, respectivamente (Figura 69). Estes valores foram ligeiramente menores do que aqueles descritos para

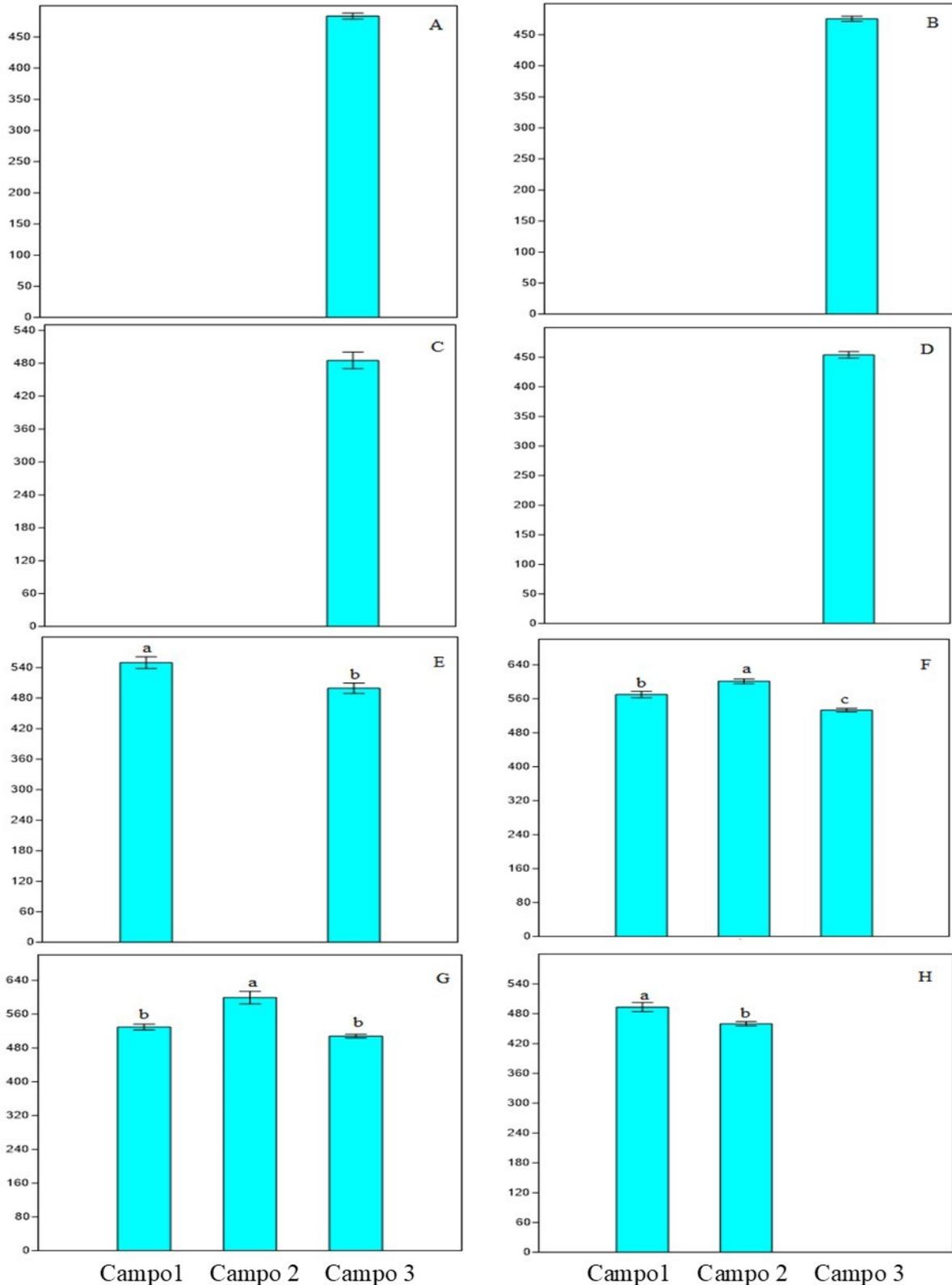
Talipariti pernambucensis e provavelmente reflitam diferenças genéticas interespecíficas em resposta a gradientes ambientais estuarinos e intertidais.

Rhizophora mangle caracterizou-se por valores médios de F_0 entre 450 e 550 para todos os manguezais e estuários avaliados, independentemente da coleta (Figura 70). As plantas de *R. mangle* nos manguezais de Caravelas (Bahia) caracterizaram-se pelos menores valores médios da fluorescência máxima (2500) (Figura 71). Por outro lado, nos três campos realizados no manguezal da Barra Nova, valores de F_m superiores a 3000 foram registrados para a mesma espécie, independente dos pontos e das florestas analisadas (florestas de franja e de bacia). Para os manguezais de Piraqueçu e Piraquemirim, tal qual para os de Costa das Algas, Barra do Riacho, Urusuquara e São Mateus, valores médios obtidos para F_m foram próximos a 2700 (Figura 71). F_v/F_m não diferiu entre campos e estuários (Figura 72). De maneira geral, observou-se uma tendência para o aumento de ABS/RC com o tempo (Figura 73). Para os estuários onde foi possível uma comparação entre campos, os valores médios do índice de performance ou índice de desempenho fotossintético (PI_{total}) foram significativamente maiores no campo 2 (≈ 30) comparativamente aos valores descritos para os campos 1 e 3 (≈ 15), ou seja, 50% menor (Figura 74).

Na Figura 75 é apresentado o resultado da comparação de F_0 , F_m , F_v/F_m , ABS/RC e PI_{total} em folhas de *R. mangle* nos diferentes campos, independente do estuário, da floresta e dos pontos analisados. Com base nessa análise, pode-se verificar um aumento significativo ($p \leq 0,05$) nos valores de F_m , F_v/F_m e ABS/RC no campo 3 e reduções em F_0 e PI_{total} . Nenhuma diferença significativa ($p \geq 0,05$) nas variáveis analisadas foi descrita entre florestas de franja e de bacia, independentemente do estuário e do campo (Figura 76). No que diz respeito à comparação do desempenho fotoquímico da espécie entre os pontos analisados (Pontos 1, 2 e 3), de forma geral, os resultados apontaram uma tendência à melhor atividade fotoquímica no ponto 3 (Figura 77).

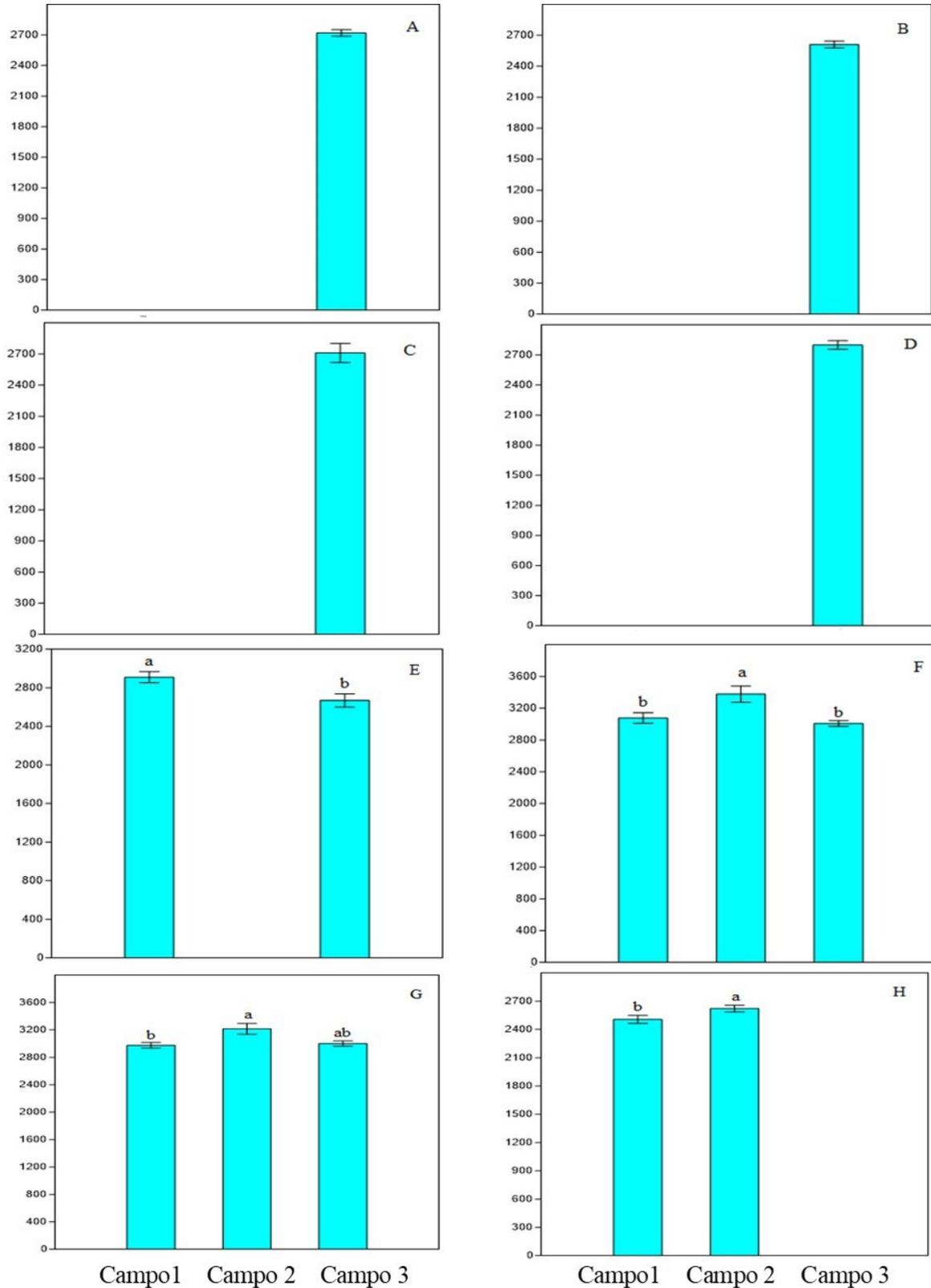
De maneira geral, nos manguezais de Urusuquara, Barra Nova e São Mateus, dominados por *L. racemosa*, não houve diferenças significativas em F_0 , F_m , F_v/F_m , ABS/RC e PI_{total} entre florestas de franja e de bacia (Figura 78, Figura 79, Figura 80, Figura 81 e Figura 82). Porém, quando se comparou os campos, observou-se reduções significativas ($p \leq 0,05$) em F_0 no campo 3 para todos os manguezais monitorados (Figura 78). Os mesmos resultados foram descritos para a variável PI_{total} , com exceção dos manguezais de São Mateus, para os quais não foram descritas diferenças significativas em PI_{total} (Figura 82). No que diz respeito à comparação do desempenho fotoquímico da espécie entre os pontos analisados (Pontos 2 e 3), de forma geral, os resultados apontaram uma tendência à melhor atividade fotoquímica no ponto 3, considerando os valores significativamente maiores ($p \leq 0,05$) de PI_{total} (Figura 83).

Figura 70: Fluorescência inicial (F_0) medida em folhas da espécie *R. mangle* em diferentes estuários e campos (A = Piraqueaçu; B = Piraquemirim; C = Costa das Algas; D = Barra do Riacho; E = Urussuquara; F = Barra Nova; G = São Mateus; H = Caravelas). Barras indicam erro padrão da média e, letras diferentes entre as médias dos campos no mesmo estuário indicam diferença estatística ($p \leq 0.05$) pelo teste Mann-Whitney.



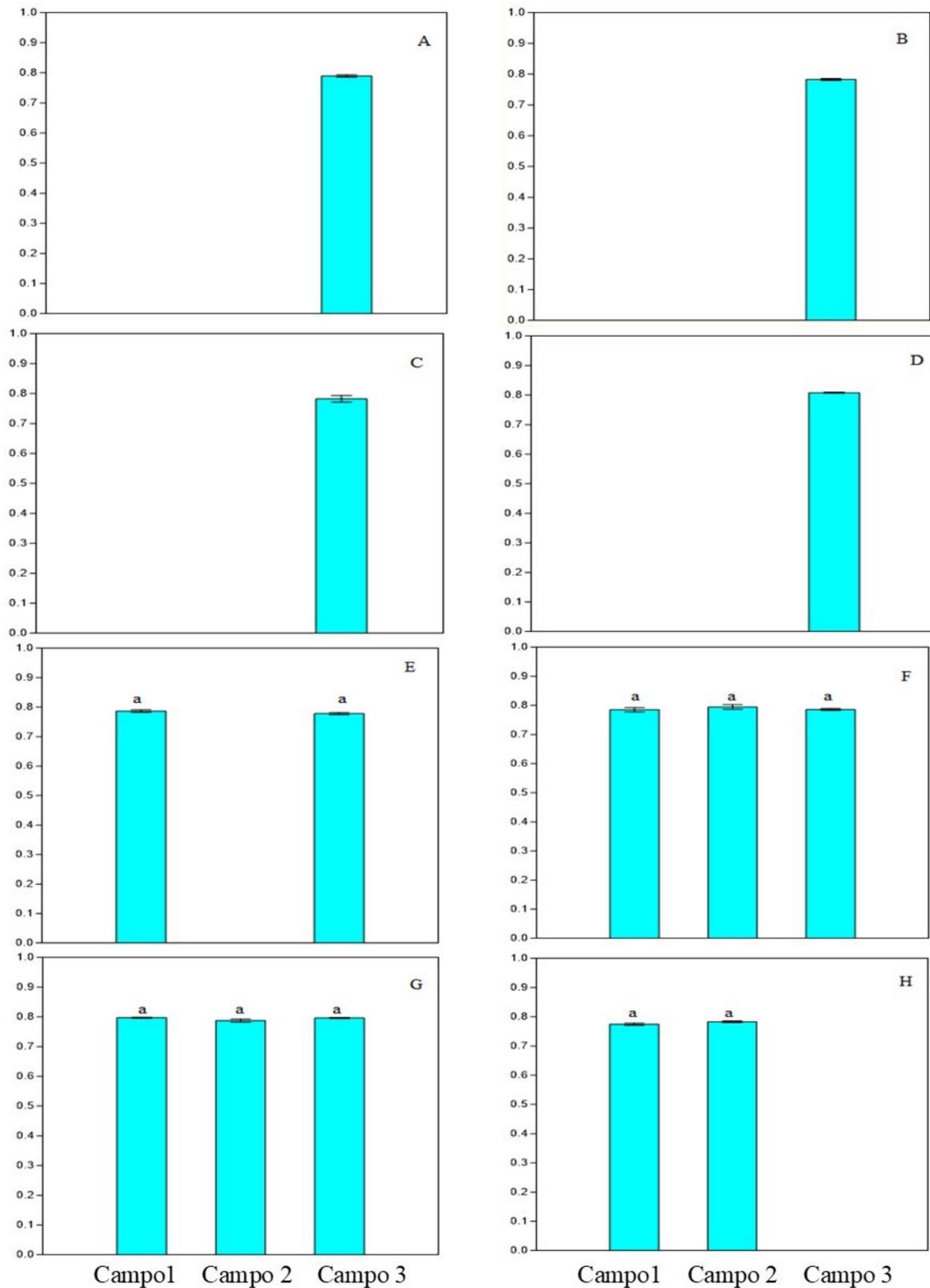
Fonte: Autoria própria.

Figura 71: Fluorescência máxima (F_m) medida em folhas da espécie *R. mangle* em diferentes estuários e campos (A = Piraqueaçú; B = Piraquemirim; C = Costa das Algas; D = Barra do Riacho; E = Urussuquara; F = Barra Nova; G = São Mateus; H = Caravelas). Barras indicam erro padrão da média e, letras diferentes entre as médias dos campos no mesmo estuário indicam diferença estatística ($p \leq 0.05$) pelo teste Mann-Whitney.



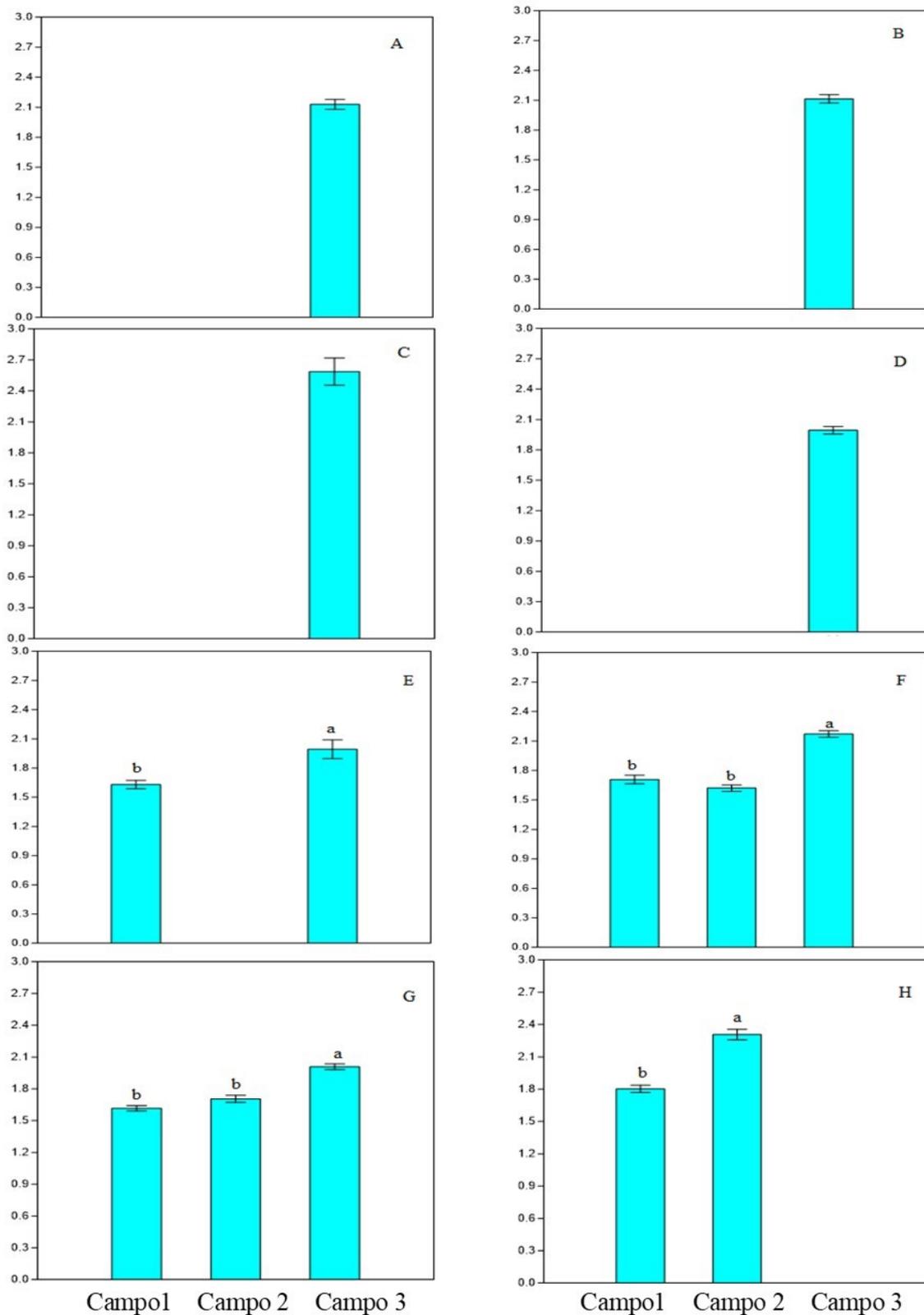
Fonte: Autoria própria.

Figura 72: F_v/F_m medido em folhas da espécie *R. mangle* em diferentes estuários e campos (A = Piraqueaçu; B = Piraquemirim; C = Costa das Algas; D = Barra do Riacho; E = Urussuquara; F = Barra Nova; G = São Mateus; H = Caravelas). Barras indicam erro padrão da média e, letras diferentes entre as médias dos campos no mesmo estuário indicam diferença estatística ($p \leq 0.05$) pelo teste Mann-Whitney.



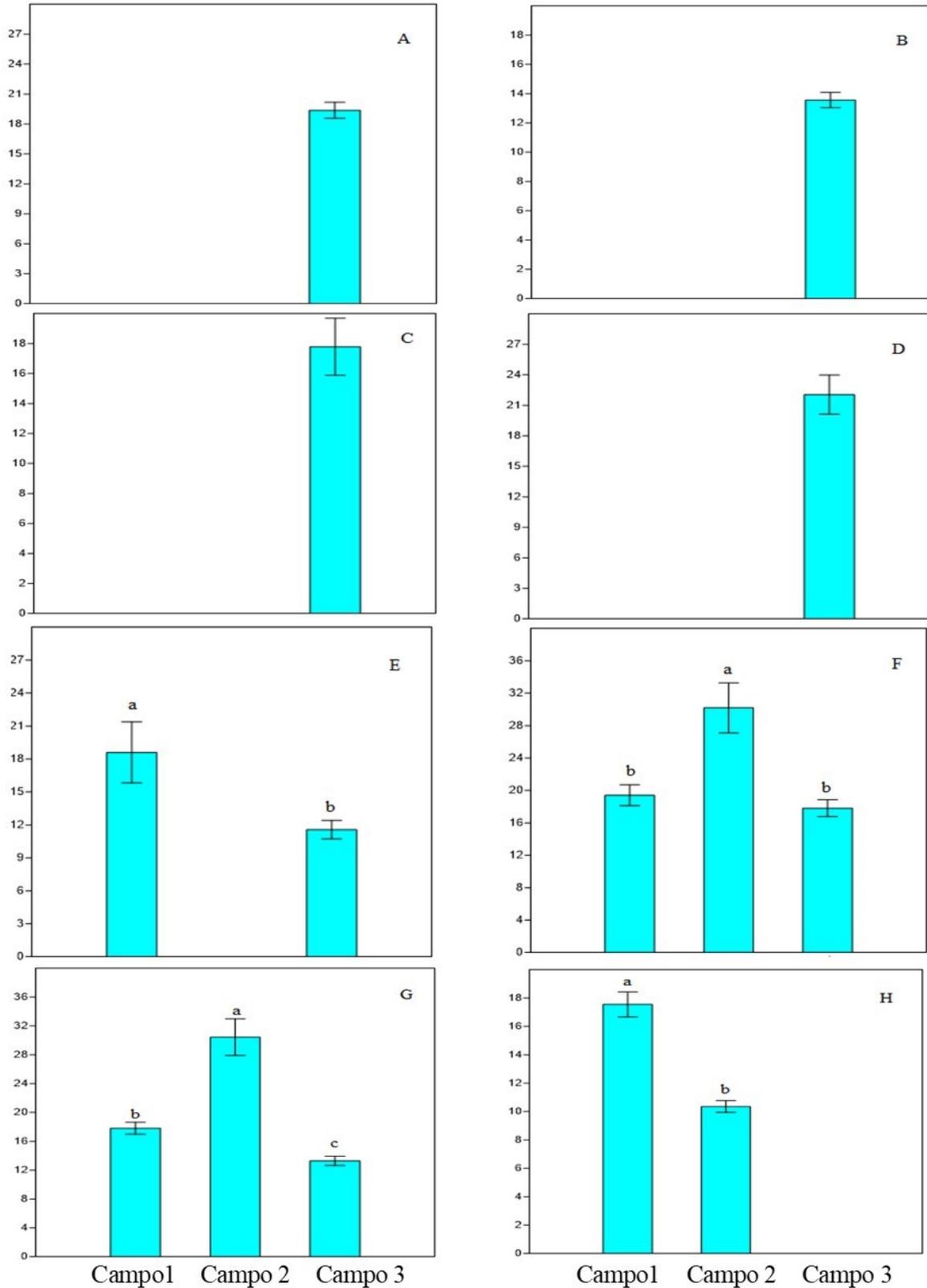
Fonte: Autoria própria.

Figura 73: ABS/RC obtido em folhas da espécie *R. mangle* em diferentes estuários e campos (A = Piraqueaçu; B = Piraquemirim; C = Costa das Algas; D = Barra do Riacho; E = Urussuquara; F = Barra Nova; G = São Mateus; H = Caravelas). Barras indicam erro padrão da média e, letras diferentes entre as médias dos campos no mesmo estuário indicam diferença estatística ($p \leq 0.05$) pelo teste Mann-Whitney.



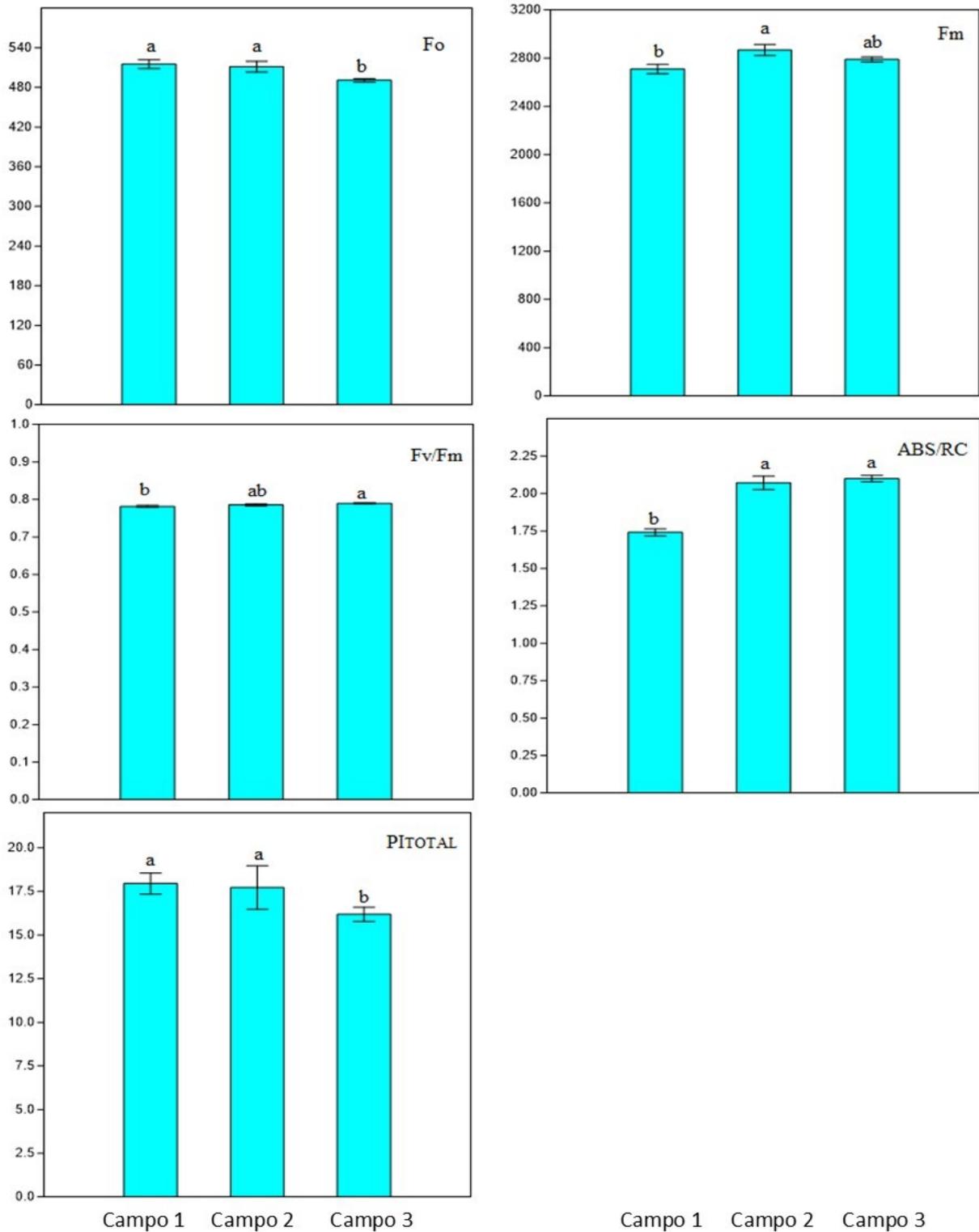
Fonte: Autoria própria.

Figura 74: Índice de desempenho fotossintético (PI_{total}) em folhas da espécie *R. mangle* em diferentes estuários e campos (A = Piraqueaçu; B = Piraquemirim; C = Costa das Algas; D = Barra do Riacho; E = Urussuquara; F = Barra Nova; G = São Mateus; H = Caravelas). Barras indicam erro padrão da média e, letras diferentes entre as médias dos campos no mesmo estuário indicam diferença estatística ($p \leq 0.05$) pelo teste Mann-Whitney.



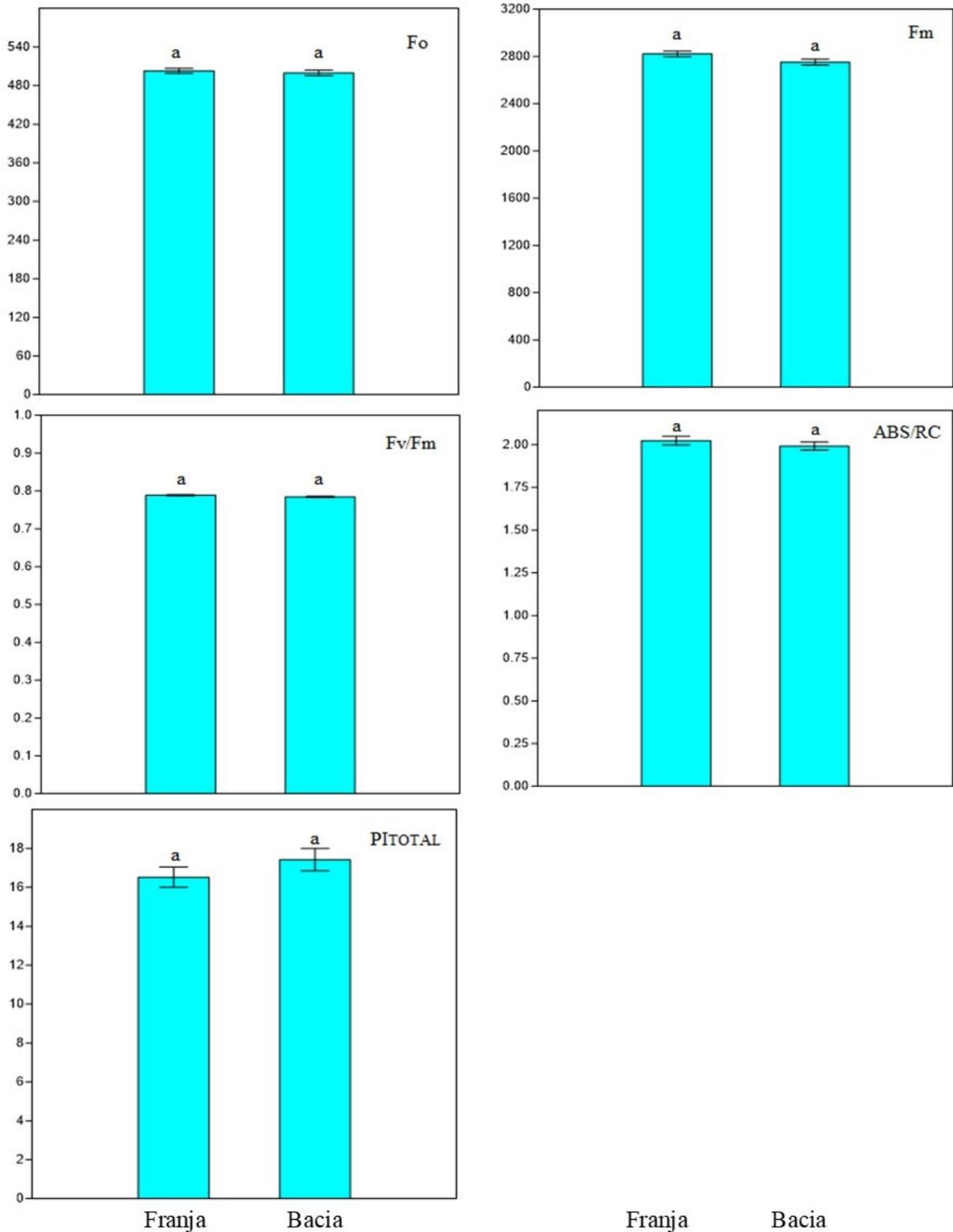
Fonte: Autoria própria.

Figura 75: Parâmetros da fluorescência da clorofila a (F_o , F_m , F_v/F_m , ABS/RC e PI_{total}) em folhas da espécie *R. mangle* em diferentes campos, independente de estuário e floresta. Barras indicam erro padrão da média ($n = 98, 95$ e 219 nos campos 1, 2 e 3 respectivamente) e, letras diferentes na comparação de médias entre os campos indicam diferença estatística ($p \leq 0.05$) pelo teste Mann-Whitney.



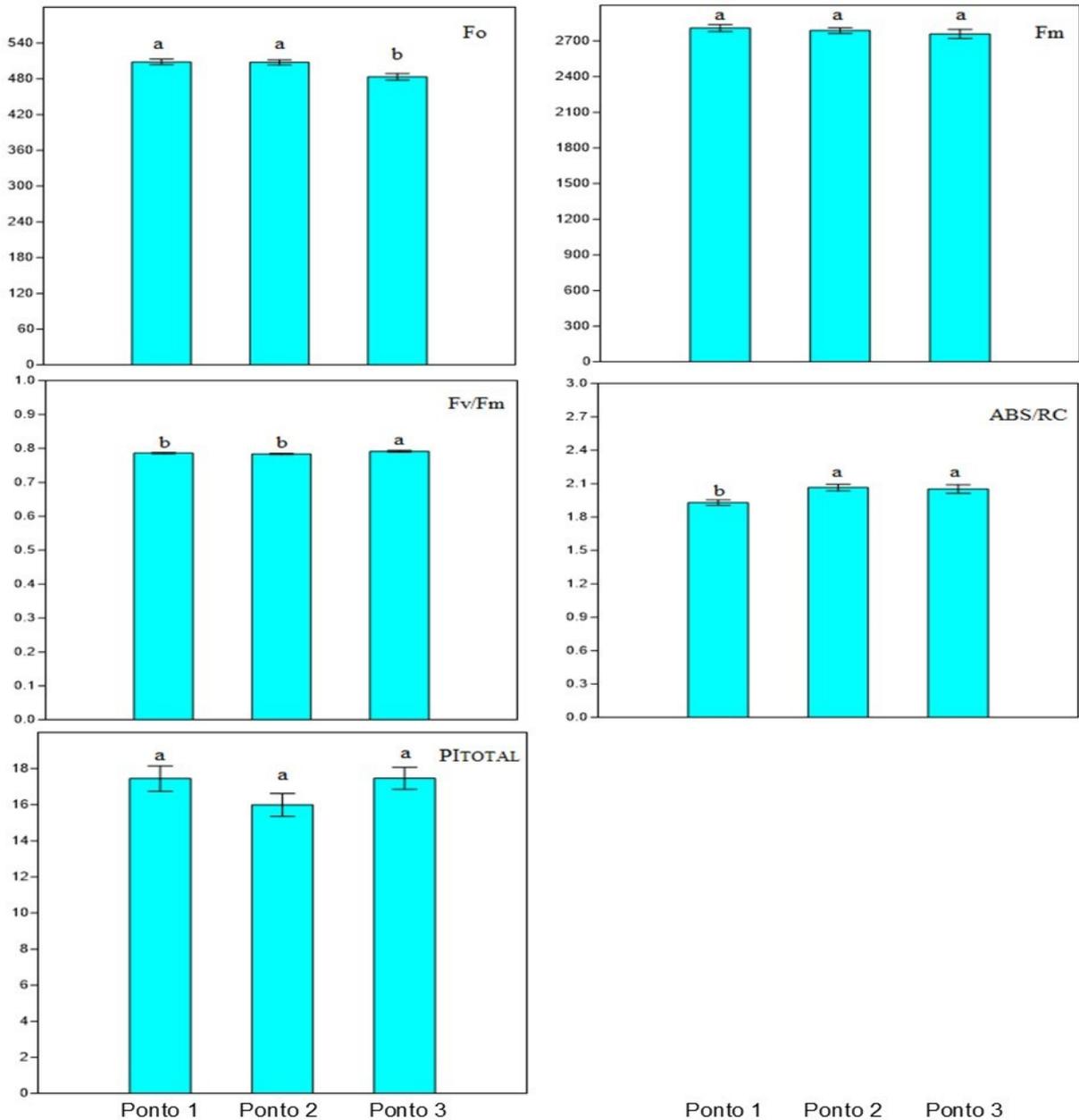
Fonte: Autoria própria.

Figura 76: Parâmetros da fluorescência da clorofila a (F_o , F_m , F_v/F_m , ABS/RC e PI_{total}) em folhas da espécie *R. mangle* nas florestas franja e bacia, independente de estuário e campo. Barras indicam erro padrão da média ($n = 213$ e 199 nas florestas franja e bacia respectivamente) e, letras iguais na comparação de médias entre as florestas não indicam diferença estatística ($p > 0.05$) pelo teste Mann-Whitney.



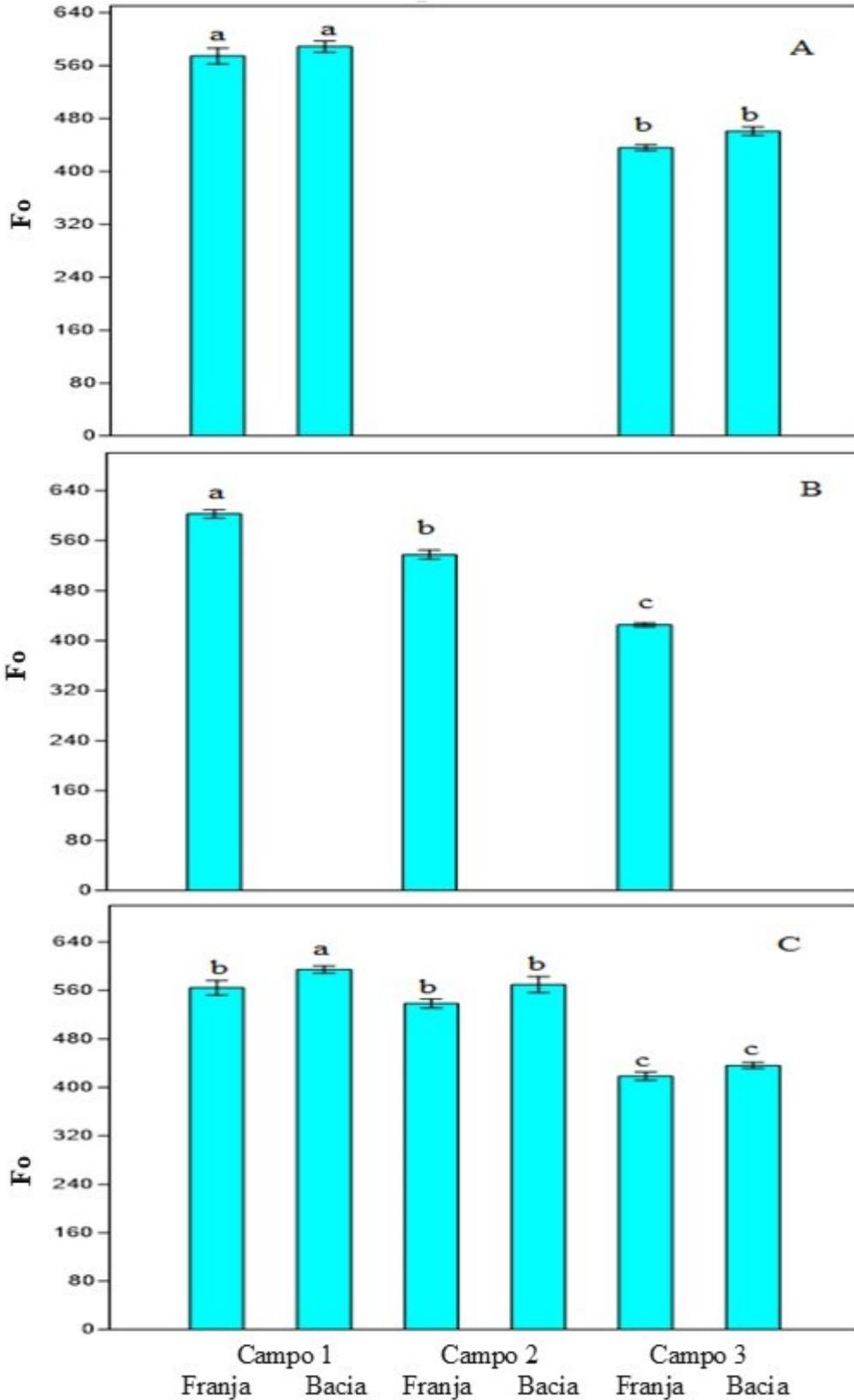
Fonte: Autoria própria.

Figura 77: Fluorescência da clorofila a (F_o , F_m , F_v/F_m , ABS/RC e PI_{total}) em folhas da espécie *R. mangle* em diferentes pontos, independente de estuário, campo e floresta. Barras indicam erro padrão da média ($n = 162, 140$ e 110 nos pontos 1, 2 e 3 respectivamente) e, letras diferentes na comparação de médias entre os campos indicam diferença estatística ($p \leq 0.05$) pelo teste Mann-Whitney.



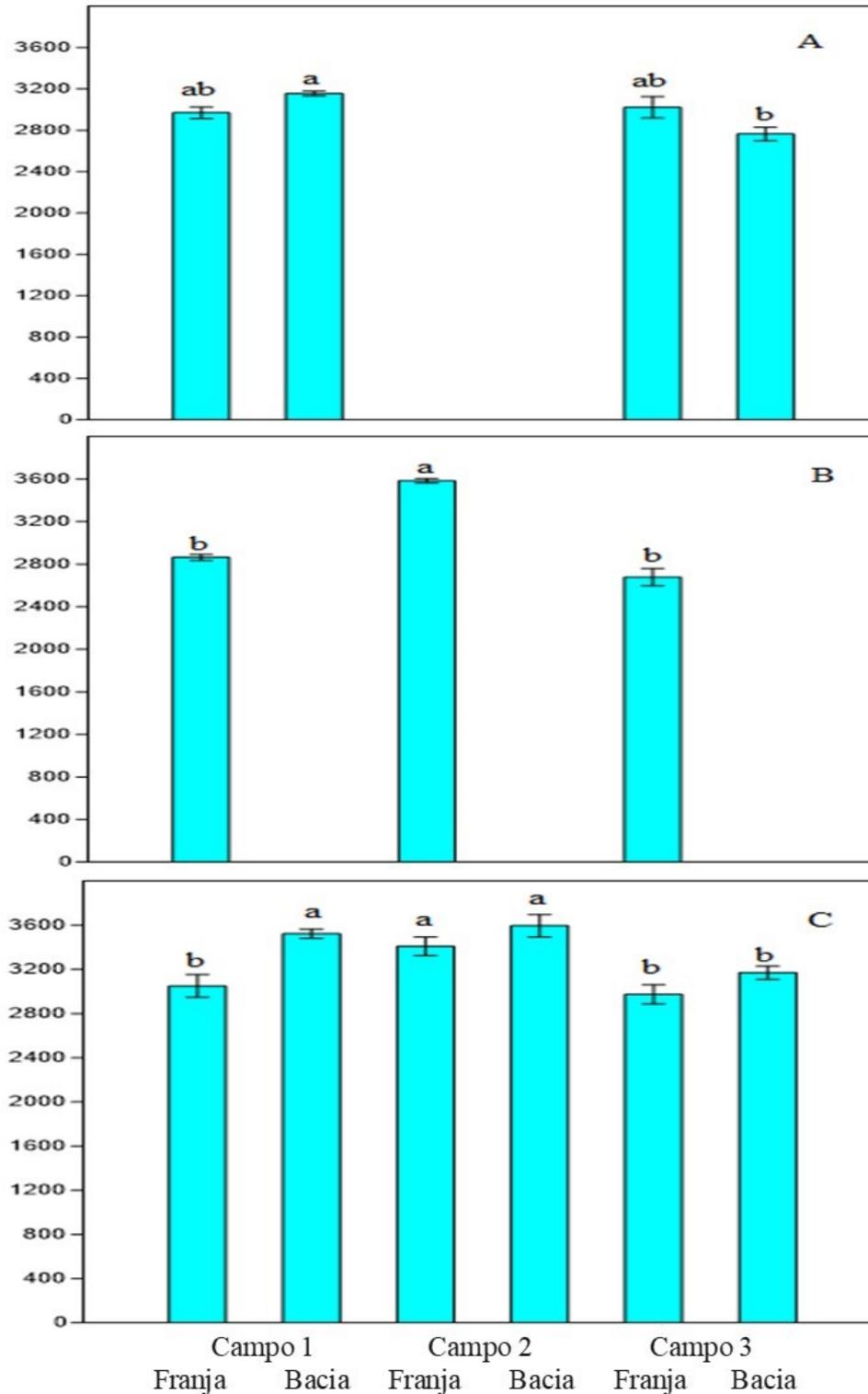
Fonte: Autoria própria.

Figura 78: Fluorescência inicial (F_o) em folhas da espécie *L. racemosa* em diferentes estuários, campos (A = Urussuquara; B = Barra Nova; C = São Mateus) e florestas. Barras indicam erro padrão da média e, letras diferentes na comparação de médias dentro do mesmo estuário indicam diferença estatística ($p \leq 0.05$) pelo teste Mann-Whitney.



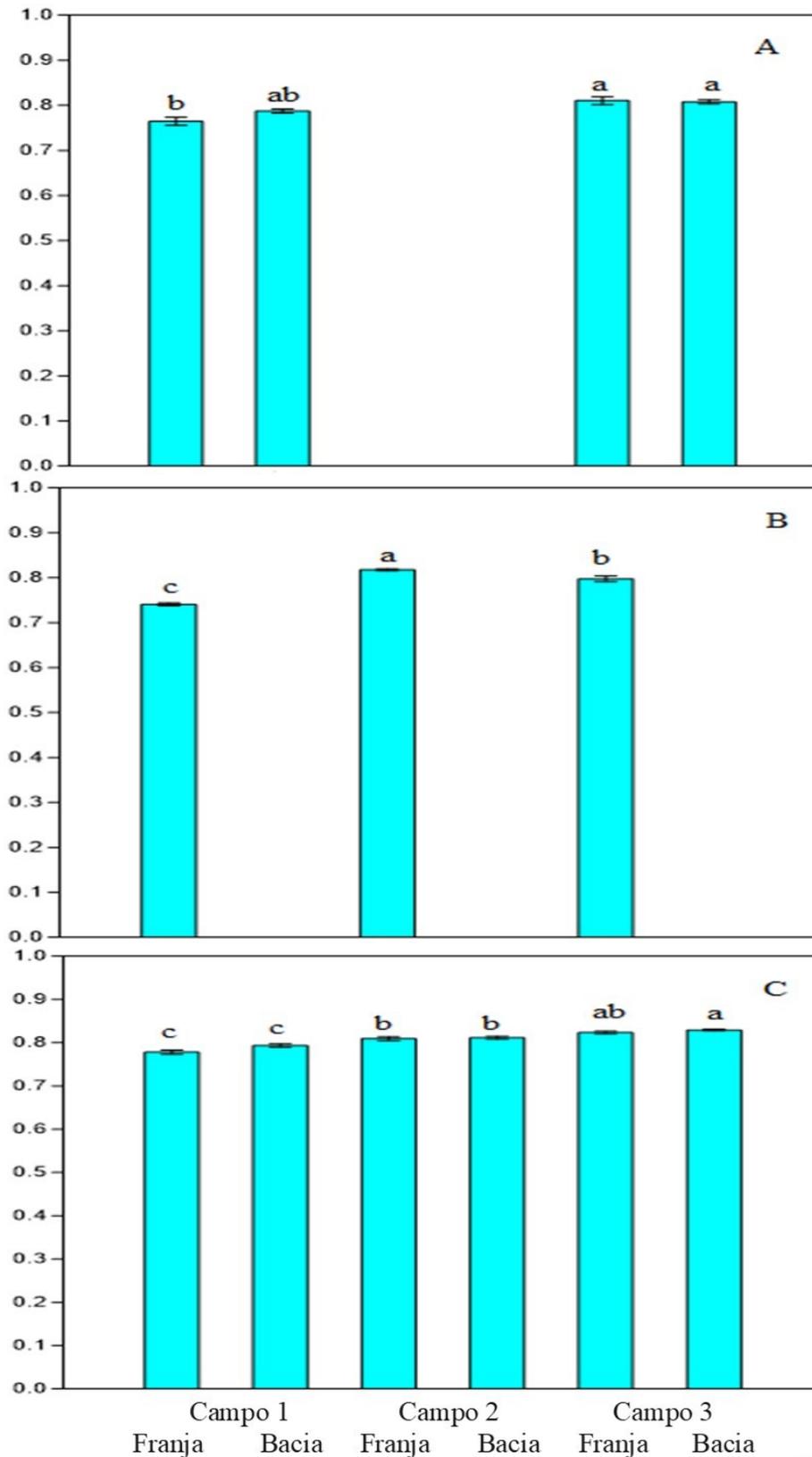
Fonte: Autoria própria.

Figura 79: Fluorescência máxima (F_m) em folhas da espécie *L. racemosa* em diferentes estuários, campos (A = Urussuquara; B = Barra Nova; C = São Mateus) e florestas. Barras indicam erro padrão da média e, letras diferentes na comparação de médias dentro do mesmo estuário indicam diferença estatística ($p \leq 0.05$) pelo teste Mann-Whitney.



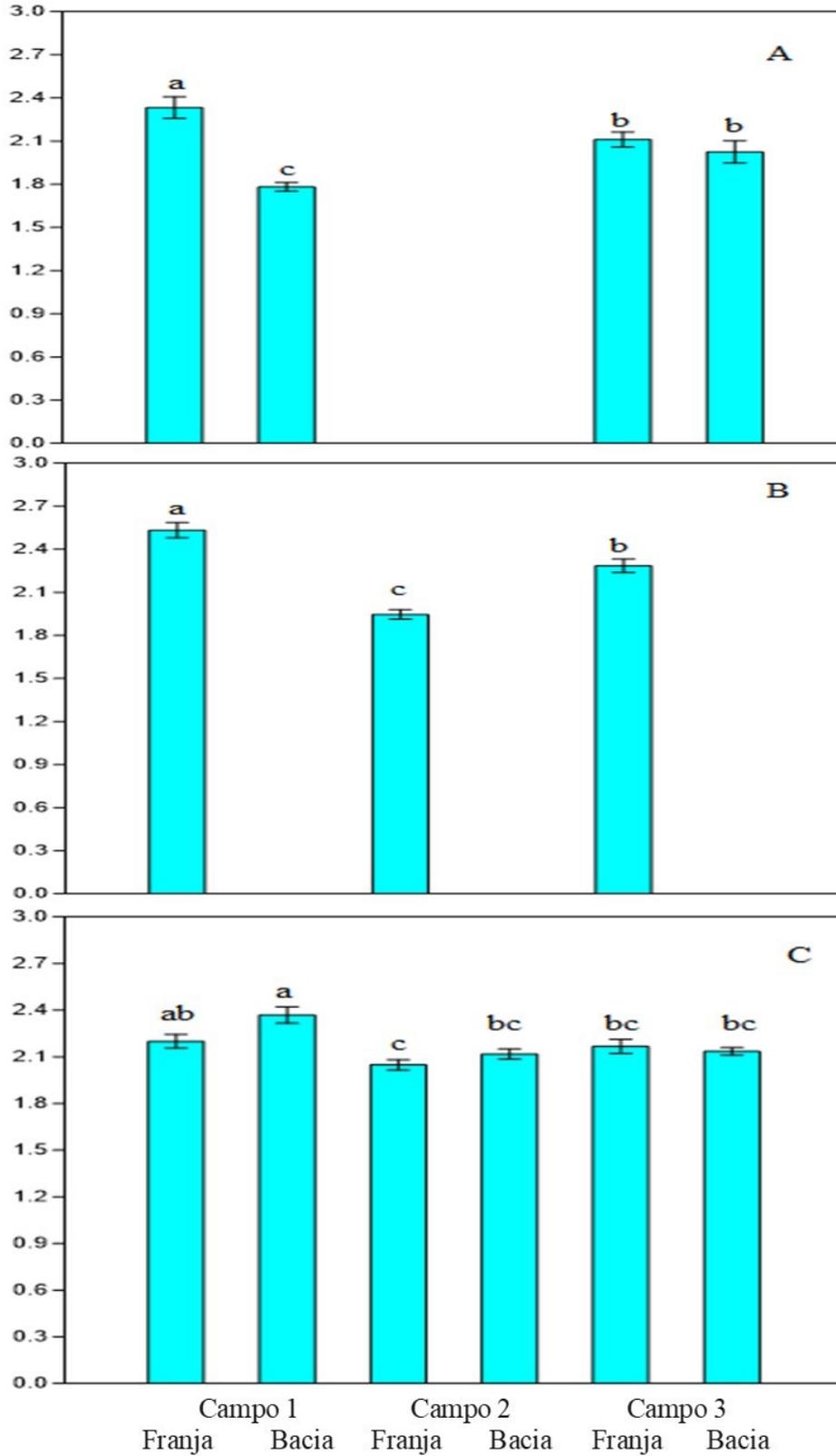
Fonte: Autoria própria.

Figura 80: F_v/F_m em folhas da espécie *L. racemosa* em diferentes estuários, campos (A = Urussuquara; B = Barra Nova; C = São Mateus) e florestas. Barras indicam erro padrão da média e, letras diferentes na comparação de médias dentro do mesmo estuário indicam diferença estatística ($p \leq 0.05$) pelo teste Mann-Whitney.



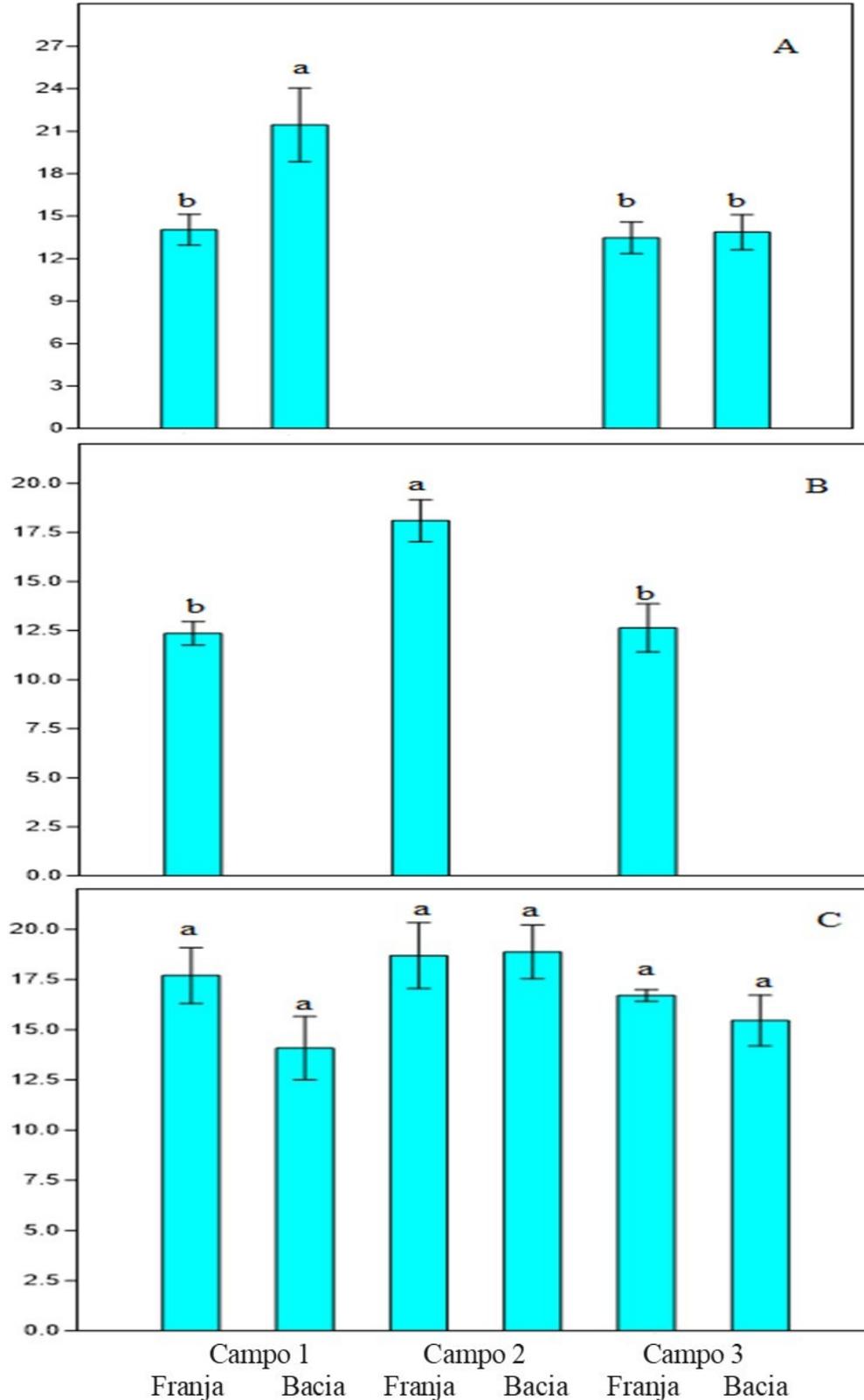
Fonte: Autoria própria.

Figura 81: ABS/RC em folhas da espécie *L. racemosa* em diferentes estuários, campos (A = Urussuquara; B = Barra Nova; C = São Mateus) e florestas. Barras indicam erro padrão da média e, letras diferentes na comparação de médias dentro do mesmo estuário indicam diferença estatística ($p \leq 0.05$) pelo teste Mann-Whitney.



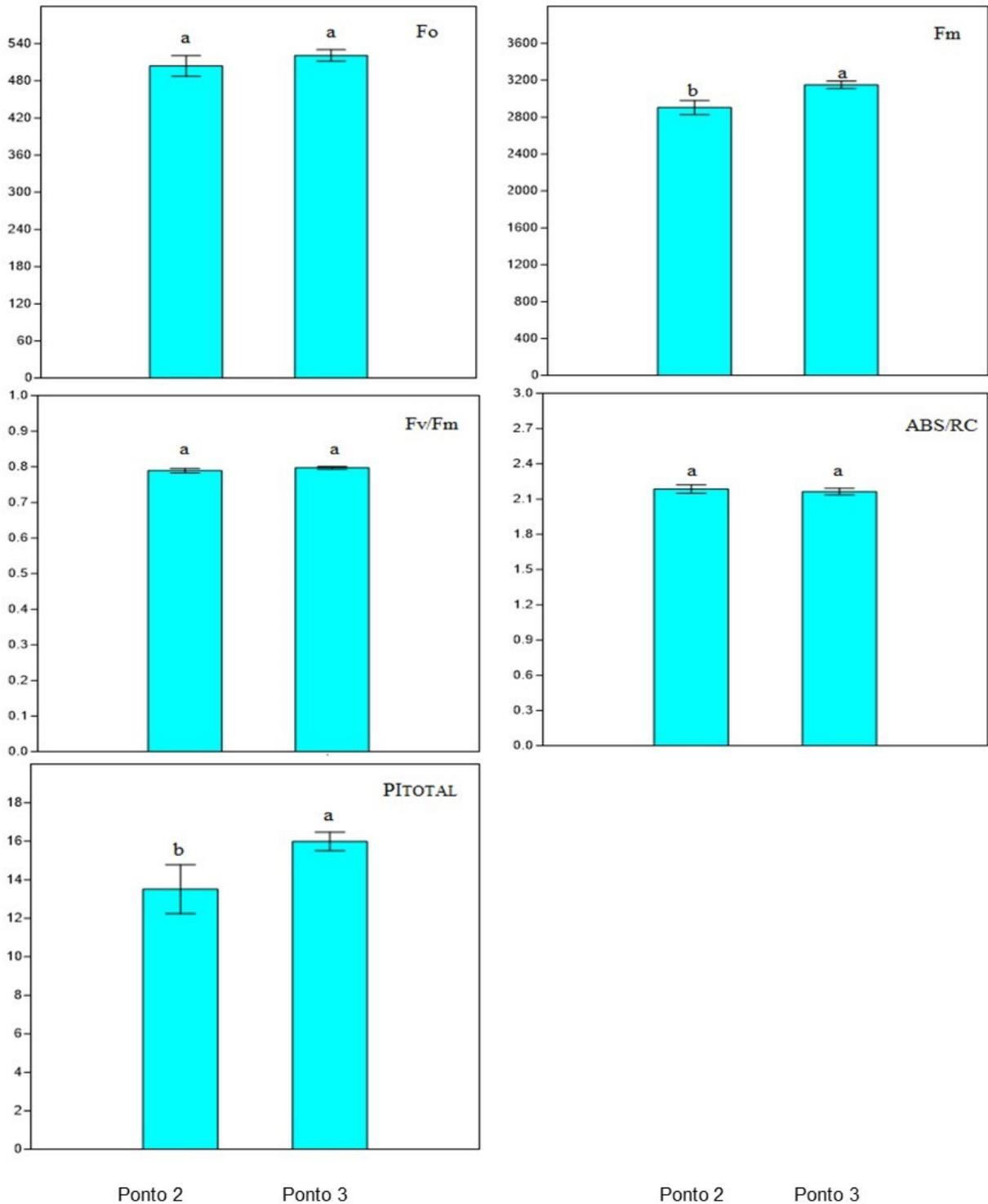
Fonte: Autoria própria.

Figura 82: PI_{total} em folhas da espécie *L. racemosa* em diferentes estuários, campos (A = Urussuquara; B = Barra Nova; C = São Mateus) e florestas. Barras indicam erro padrão da média e, letras diferentes na comparação de médias dentro do mesmo estuário indicam diferença estatística ($p \leq 0.05$) pelo teste Mann-Whitney.



Fonte: Autoria própria.

Figura 83: Fluorescência da clorofila a (F_o , F_m , F_v/F_m , ABS/RC e PI_{total}) em folhas da espécie *L. racemosa* em diferentes pontos, independente de estuário, campo e floresta. Barras indicam erro padrão da média ($n = 10$ e 65 nos pontos 2 e 3 respectivamente) e, letras diferentes na comparação de médias entre os campos indicam diferença estatística ($p \leq 0.05$) pelo teste Mann-Whitney.



Fonte: Autoria própria.

Figura 84A e B: Radiação fotossinteticamente ativa (RFA), temperatura foliar (Tfoliar) e parâmetros de trocas gasosas medido em folhas da espécie *R. mangle* em diferentes campos nos estuários Barra Nova (A) e São Mateus (B). Barras indicam erro padrão da média e, letras diferentes entre as médias dos campos no mesmo estuário indicam diferença estatística ($p \leq 0.05$) pelo teste Mann-Whitney. Ci - concentração intercelular de CO₂, E – transpiração, gs – condutância estomática, A – assimilação de CO₂, A/gs Eficiência Intrínseca no Uso da Água e A/E - Eficiência Instantânea no Uso da Água.

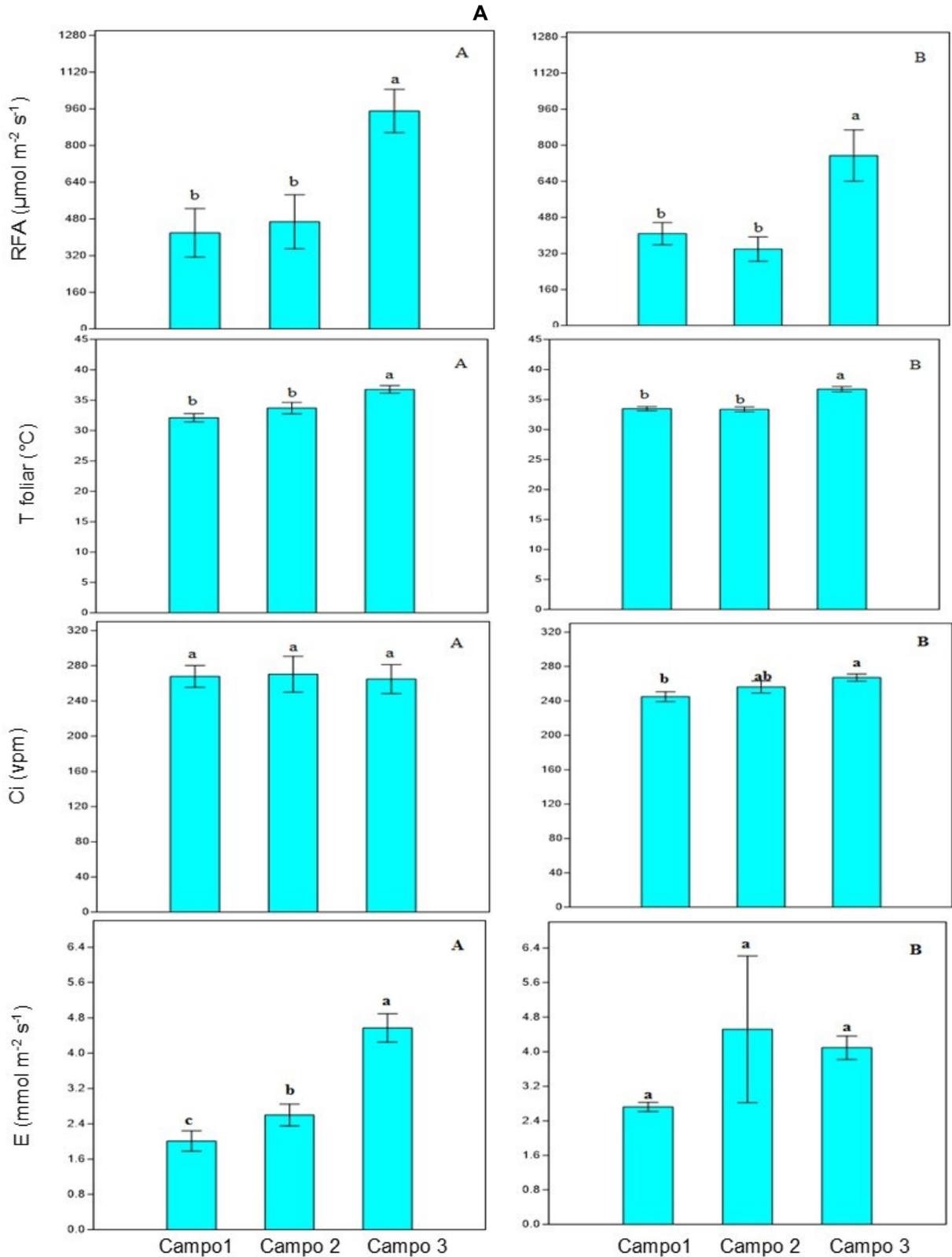
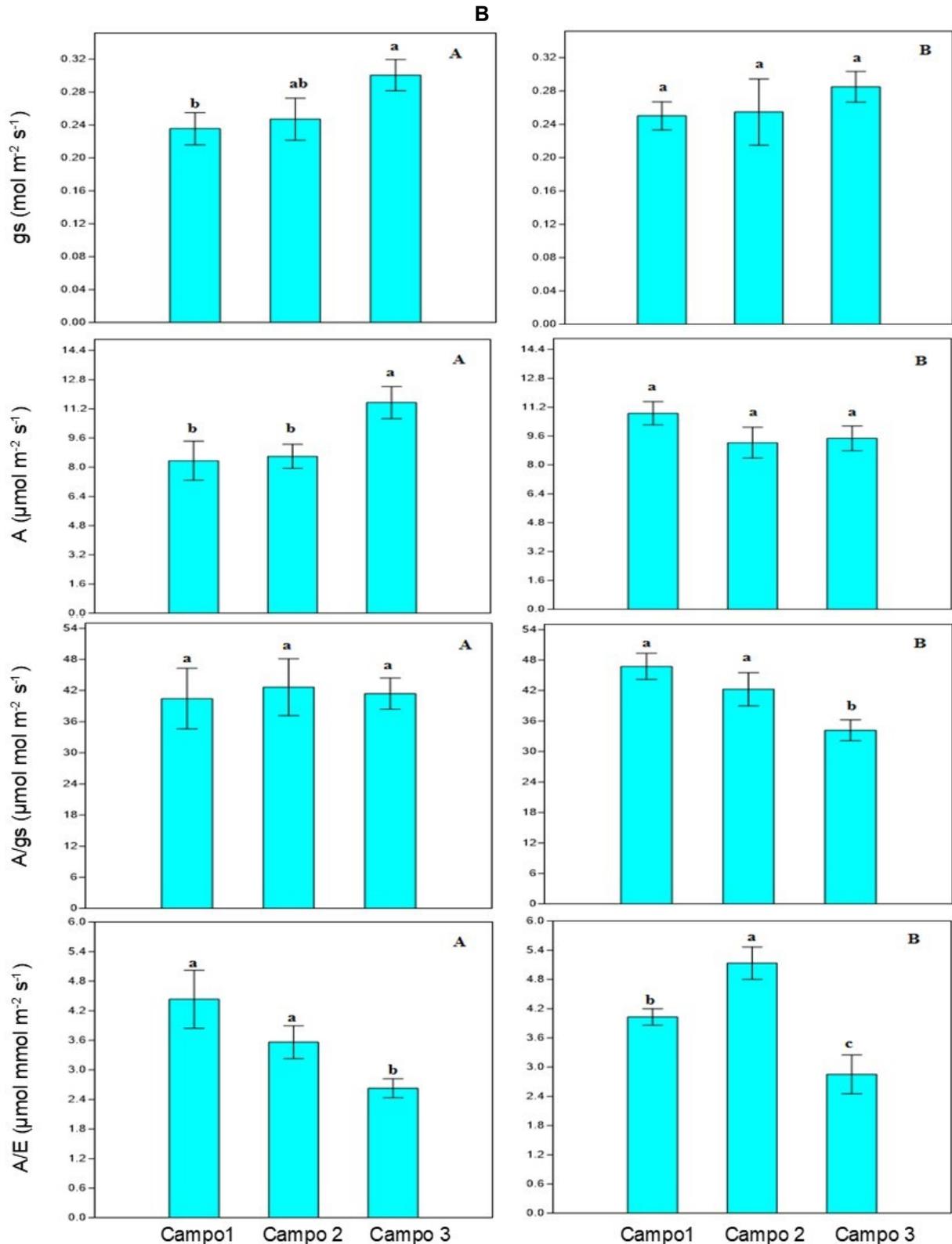


Figura 84A e B: Radiação fotossinteticamente ativa (RFA), temperatura foliar (Tfoliar) e parâmetros de trocas gasosas medido em folhas da espécie *R. mangle* em diferentes campos nos estuários Barra Nova (A) e São Mateus (B). Barras indicam erro padrão da média e, letras diferentes entre as médias dos campos no mesmo estuário indicam diferença estatística ($p \leq 0.05$) pelo teste Mann-Whitney. Ci - concentração intercelular de CO₂, E – transpiração, gs – condutância estomática, A – assimilação de CO₂, A/gs Eficiência Intrínseca no Uso da Água e A/E - Eficiência Instantânea no Uso da Água.



Fonte: Autoria própria.

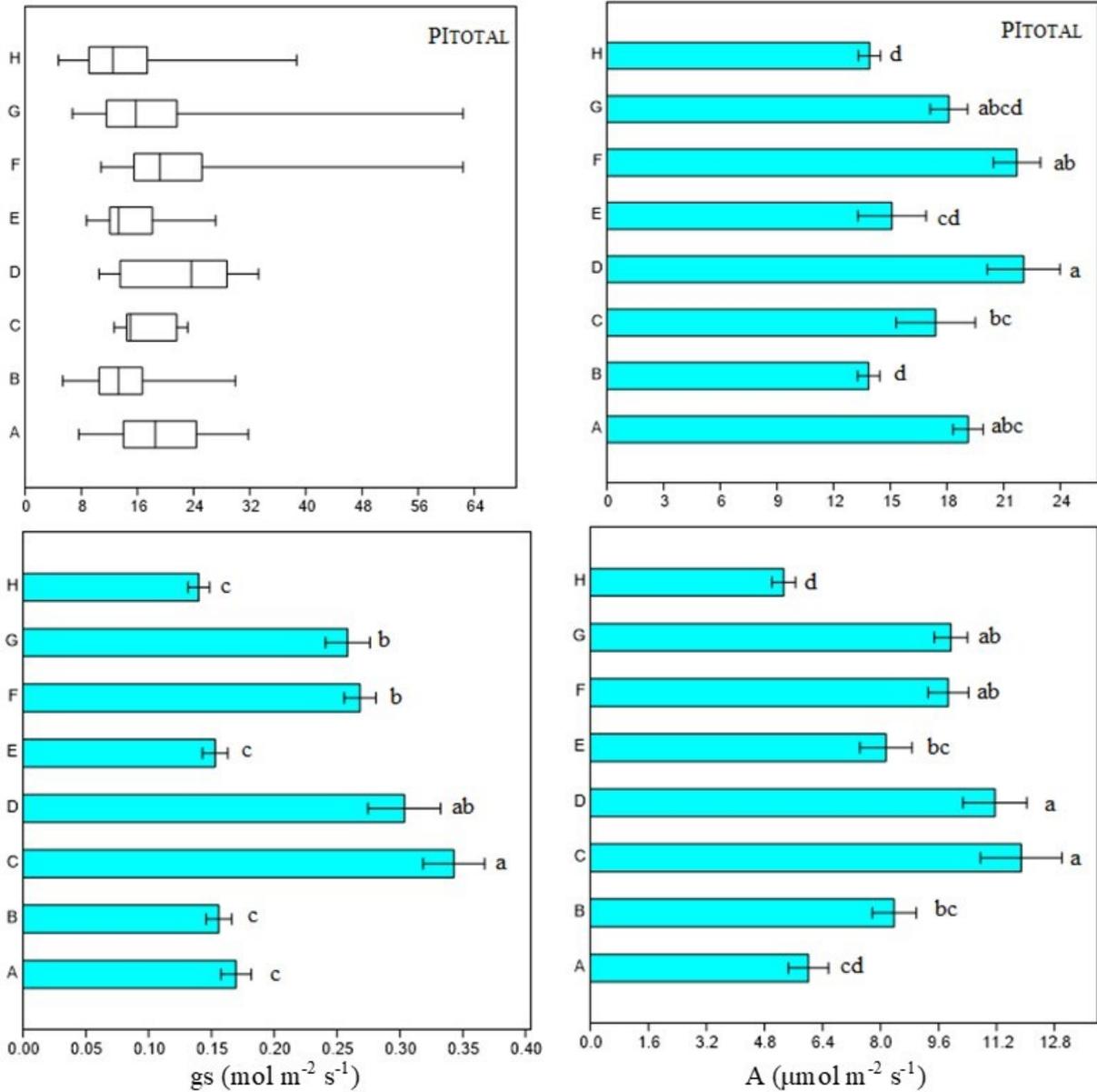
Os parâmetros de trocas gasosas analisados foram: assimilação de CO₂ (A), condutância estomática (gs), concentração intercelular de CO₂ (Ci), radiação fotossinteticamente ativa (RFA), transpiração (E) e temperatura foliar (T foliar). A partir das medidas de A, gs e E, foi calculado a Eficiência Intrínseca no Uso da Água – EUAint (A/g_s) e Eficiência Instantânea no Uso da Água – EUAins (A/E) (Vide Figura 18).

No manguezal de Barra nova, dominado por *Rhizophora mangle*, valores de assimilação de carbono variando de 8 a 11,5 (μmol m⁻² s⁻¹) foram registrados. A comparação entre campos revelou aumentos significativos (p≤0,05) nos valores de RFA, temperatura foliar, E, gs e A e reduções significativas na eficiência instantânea no uso da água (A/E) para o campo 3 (Figura 84). No manguezal do rio São Mateus, registrou-se aumento em RFA, temperatura foliar e Ci para o campo 3. O aumento dos valores dessas variáveis não refletiram nos valores de E, A e gs. Entretanto, no campo 3 foi constatado redução na eficiência intrínseca no uso da água (Figura 84).

Para *R. mangle*, pode-se verificar que os valores do índice de desempenho (PI_{total}), na condutância estomática (gs) e assimilação líquida de CO₂ (A) são mais reduzidos nos manguezais de Piraquemirim (≈14, 0,16 e 8,5, respectivamente), Urussuquara (≈15, 0,14 e 8,2, respectivamente) e Caravelas (≈14, 0,14 e 5,1, respectivamente) em comparação com os manguezais de Costa das Algas (≈17, 0,16 e 8,5, respectivamente), Barra do Riacho (≈22, 0,30 e 11, respectivamente), Barra Nova (≈22, 0,27 e 9,7, respectivamente) e São Mateus (≈18, 0,26 e 9,7, respectivamente) (Figura 85). De maneira geral, na comparação entre florestas, verifica-se que as florestas de bacia apresentam médias mais reduzidas para gs (0,20) sem variações significativas em A (Figura 86).

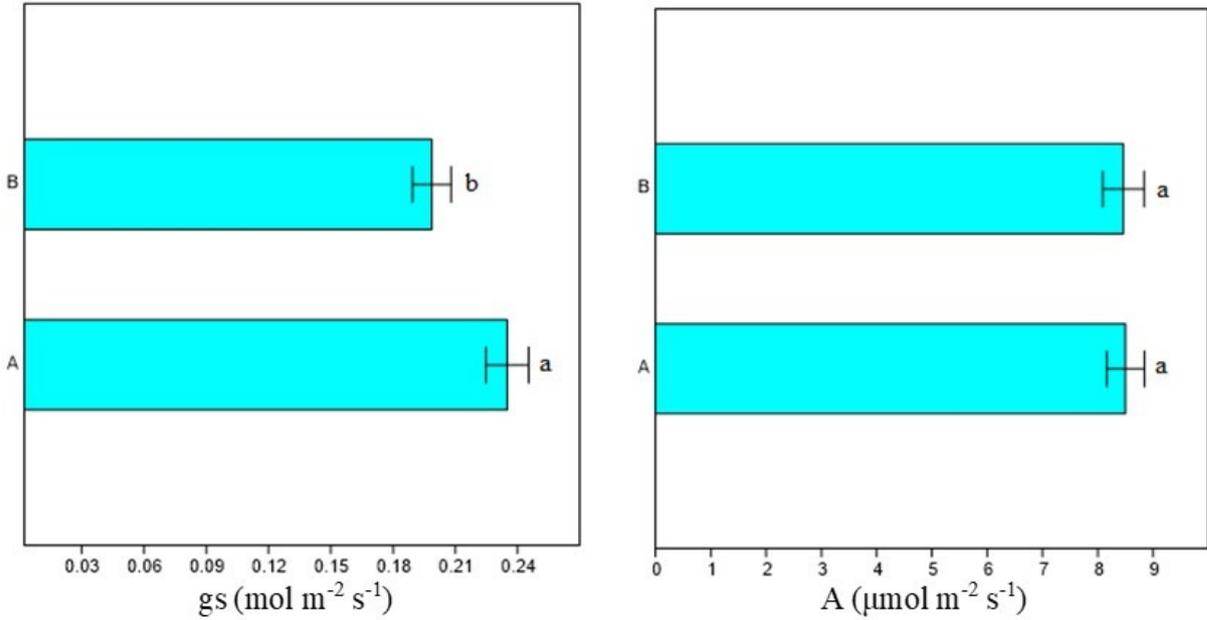
Para *L. racemosa*, observou-se que os valores do índice de desempenho (PI_{total}), na condutância estomática (gs) e assimilação líquida de CO₂ (A) são mais reduzidos nos manguezais de Urussuquara (≈15, 0,22 e 7,8, respectivamente), Barra Nova (≈14, 0,37 e 10, respectivamente) e Caravelas (≈gs=0,1 e A=4,0) em comparação com o manguezal de São Mateus (≈17, 0,7 e 13, respectivamente) (Figura 87 e Figura 88). Na comparação entre florestas, verifica-se que as florestas de bacia apresentam médias mais reduzidas para gs (≈0,27) e A (≈0,7,2) comparativamente às florestas de franja, para as quais, valores médios obtidos para gs e A foram aproximadamente 0,48 e 11,2, respectivamente (Figura 89).

Figura 85: $P_{i\text{total}}$, condutância estomática (gs) e assimilação de CO_2 (A) em folhas da espécie *R. mangle* em diferentes estuários (A = Piraqueaçu; B = Piraquemirim; C = Costa das Algas; D = Barra do Riacho; E = Urussuquara; F = Barra Nova; G = São Mateus; H = Caravelas), independente de campo, ponto e floresta. À esquerda o Boxplot e à direita a comparação entre os estuários, (Barras indicam erro padrão da média e, letras diferentes na comparação de médias de estuário indicam diferença estatística ($p \leq 0.05$) pelo teste Mann-Whitney).



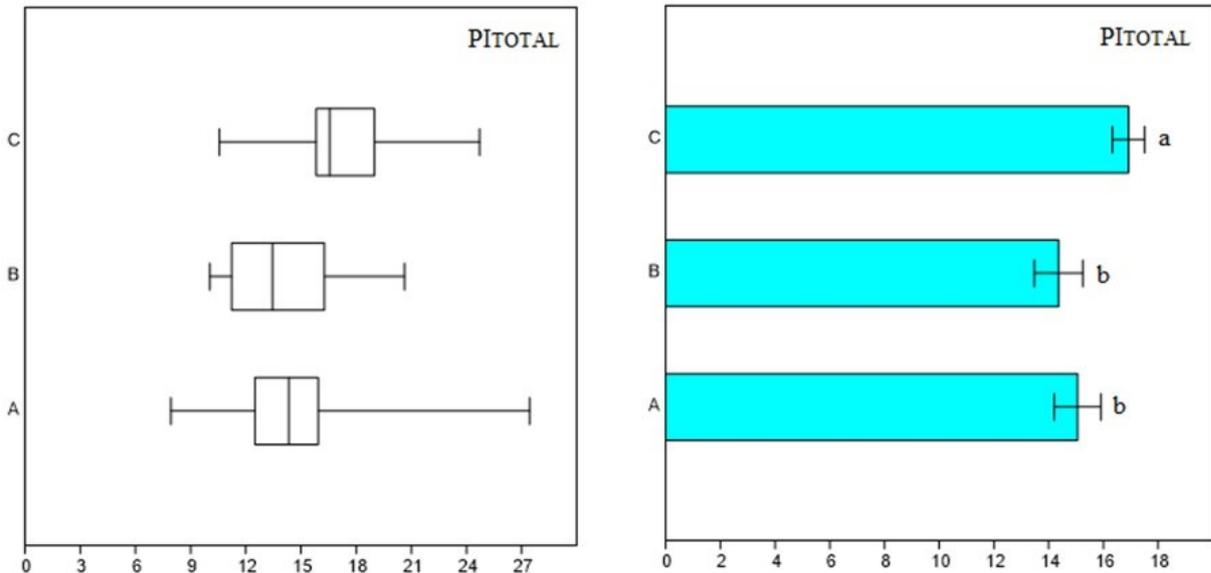
Fonte: Autoria própria.

Figura 86: Condutância estomática (gs) e assimilação de CO₂ (A) em folhas da espécie *R. mangle* em diferentes florestas (A = Franja; B = Bacia), independente de estuário, campo e ponto. Barras indicam erro padrão da média e, letras diferentes entre as médias dos florestas indicam diferença estatística ($p \leq 0.05$) pelo teste Mann-Whitney.



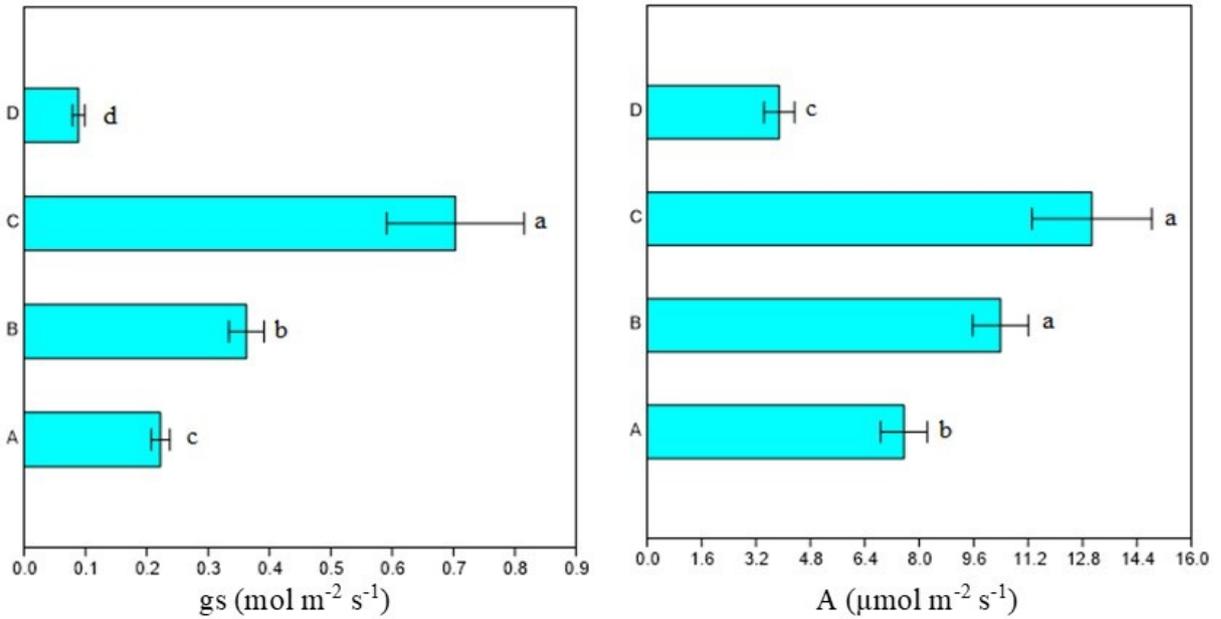
Fonte: Autoria própria.

Figura 87: Pi_{total} em folhas da espécie *L. racemosa* em diferentes estuários (A = Urussuquara; B = Barra Nova; C = São Mateus), independente de campo, ponto e floresta. À esquerda o Boxplot e à direita a comparação entre os estuários, (Barras indicam erro padrão da média e, letras diferentes na comparação de médias de estuário indicam diferença estatística ($p \leq 0.05$) pelo teste Mann-Whitney).



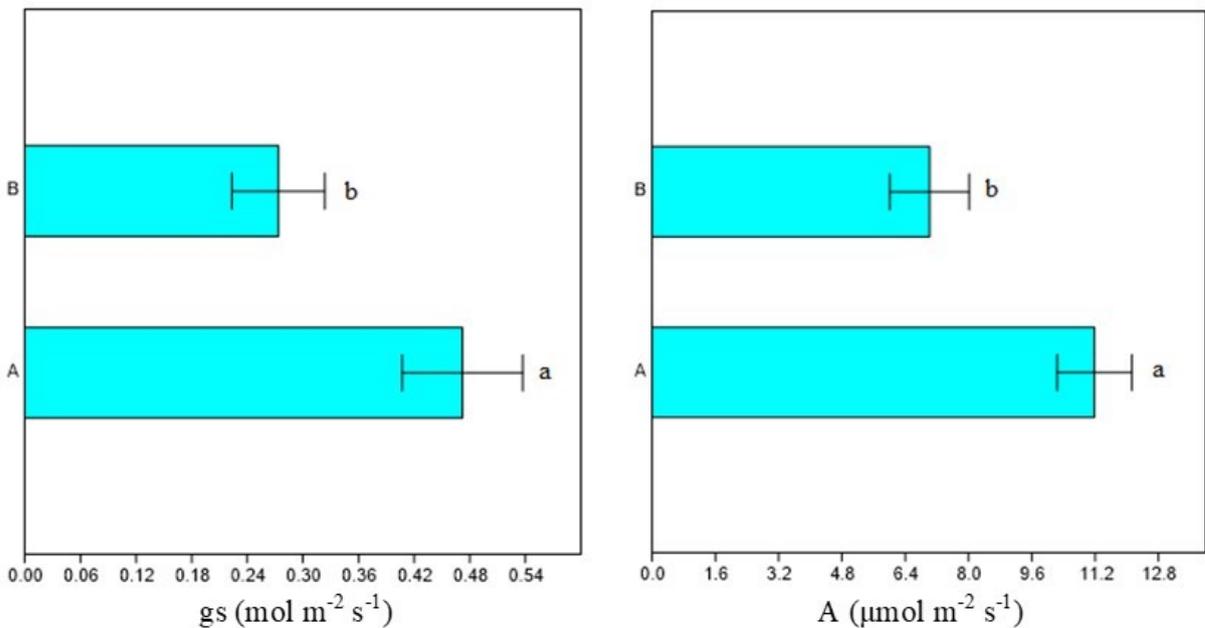
Fonte: Autoria própria.

Figura 88: Condutância estomática (gs) e assimilação de CO₂ (A) em folhas da espécie *L. racemosa* em diferentes estuários, independente de campo, ponto e floresta (A = Urussuquara; B = Barra Nova; C = São Mateus; D = Caravelas). Barras indicam erro padrão da média e, letras diferentes entre as médias dos estuários indicam diferença estatística ($p \leq 0.05$) pelo teste Mann-Whitney.



Fonte: Autoria própria.

Figura 89: Condutância estomática (gs) e assimilação de CO₂ (A) em folhas da espécie *L. racemosa* em diferentes florestas (A = Franja; B = Bacia), independente de estuário, campo e ponto. Barras indicam erro padrão da média e, letras diferentes entre as médias dos florestas indicam diferença estatística ($p \leq 0.05$) pelo teste Mann-Whitney.



Fonte: Autoria própria.

6.2.3 Biometria

A Figura 90 exibe o resultado obtido para comprimento e a largura das folhas de 2° par de folhas, por meio do coeficiente de correlação de Spearman, para as espécies *A. schaueriana*, *L. racemosa*, *R. mangle* e *T. pernambucensis* nos diferentes estuários.

Segundo Cintron e Schaeffer-Novelli (1983) o tamanho da folha reflete o vigor da vegetação e, em situação de forte rigor ambiental, a superfície foliar é reduzida. Foi observado correlação positiva entre as variáveis (comprimento e largura), refletindo a proporção entre o comprimento e largura em todos os locais de estudo. Na Baía de Vitória-ES, Zamprogno et al (2012) observaram que *R. mangle* apresenta as maiores folhas, seguida de *L. racemosa* e *A. schaueriana*. Neste estudo, *L. racemosa* exibiu os maiores e menores valores, acompanhados de maior dispersão dos dados, além do menor valor do coeficiente de correlação. *T. pernambucensis* exibe melhor correlação entre os parâmetros biométricos (Figura 90).

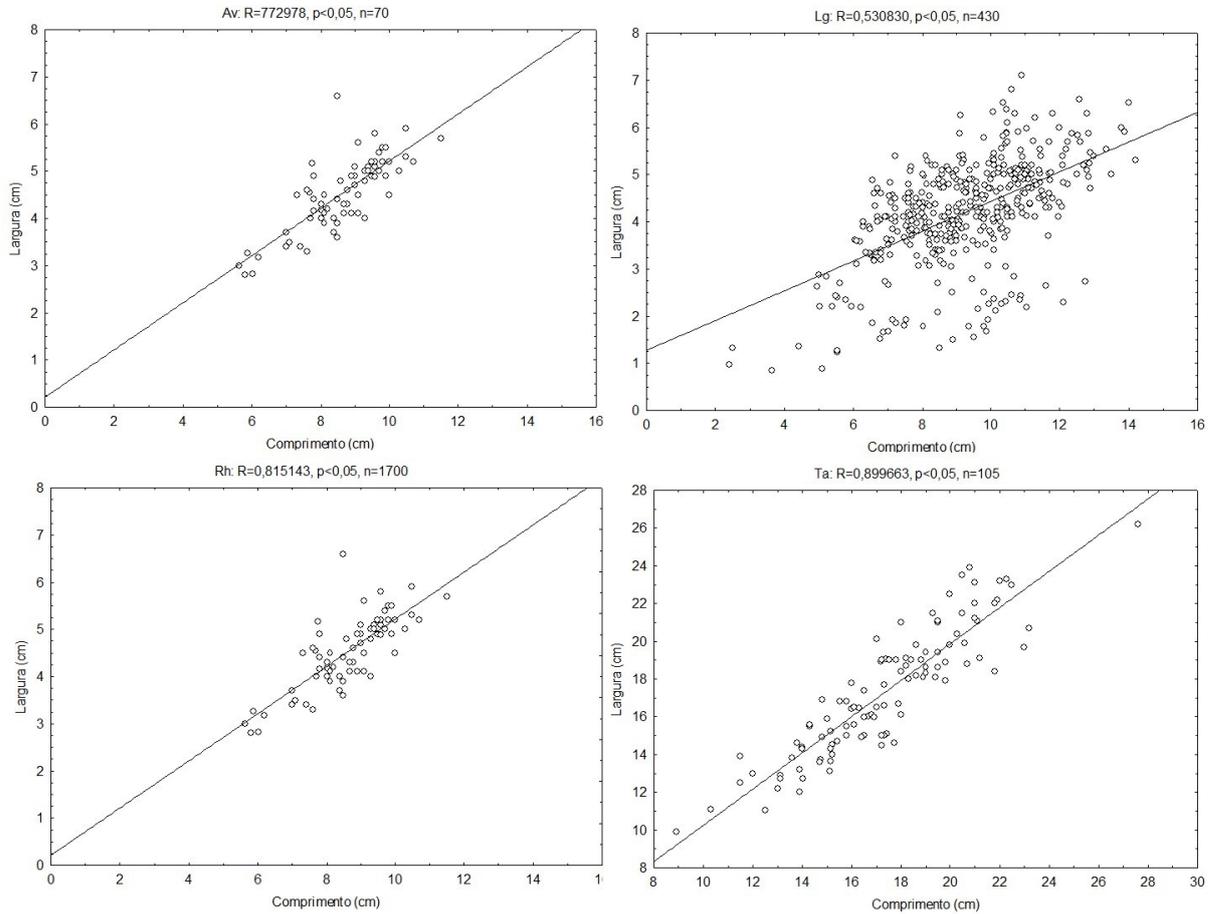
Os resultados da estatística descritiva e comparação de médias e medianas da relação comprimento/largura de folhas de diferentes espécies em diferentes florestas e nos indivíduos nos quais as avaliações fisiológicas foram monitoradas a partir de avaliações feitas entre janeiro 2019 e fevereiro de 2019 em diferentes estuários no norte do estado do Espírito Santo e sul da Bahia são apresentados no Quadro 25.

Nos indivíduos utilizados para as avaliações fisiológicas, *R. mangle* exibiu maior relação comprimento/largura para Costa das Algas, Barra do Riacho, Piraquê-Açú, Piraquê-Mirim e Urussuquara, seguido de Barra Nova e São Mateus. A menor relação foi obtida em Caravelas. A relação comprimento/largura para *L. racemosa* foi maior para Urussuquara e São Mateus, seguido por Barra Nova e, por fim, Caravelas (Quadro 25).

No compartimento floresta, maior relação comprimento/largura para *R. mangle* foi registrada em Barra Nova e menor no Piraquê-Açú e Costa das Algas. *L. racemosa* exibiu maior relação comprimento/largura em São Mateus e menor em Caravelas (Quadro 25).

A comparação realizada entre os dois compartimentos (floresta e indivíduos utilizados para as avaliações fisiológicas foram monitoradas) destaca que o Piraquê-Açú e Piraquê-Mirim, Costa das Algas e Barra do Riacho, exibiram diferença entre a relação comprimento/largura, com essas áreas exibindo os maiores valores. No Rio Doce, *T. pernambucensis* exibiu a mesma tendência que as áreas anteriores. Em São Mateus, *L. racemosa* exibiu comportamento contrário, com a floresta exibindo maior relação comprimento/largura (Quadro 25).

Figura 90: Correlação de Spearman entre as variáveis comprimento (cm) e largura (cm) de folhas de 2° par para *Avicennia schaueriana* (Av), *Laguncularia racemosa* (Lg), *Rhizophora mangle* (Rh) e *Talipariti pernambucensis* (Ta) em diferentes estuários no norte do estado Espírito Santo e sul da Bahia.



Fonte: Autoria própria.

Quadro 25: Estatística descritiva do tamanho da amostra (n), valor mínimo (Mín.), máximo (Máx.), média, Mediana (Med), coeficiente de variação (CV, em %) e teste de normalidade de Shapiro-Wilk (SW) para a relação comprimento/ largura de folhas de diferentes espécies em diferentes florestas e na floresta a partir de avaliações feitas entre novembro de 2018 e fevereiro de 2019 em diferentes estuários no norte do estado do Espírito Santo e sul da Bahia.

Estuário ⁽¹⁾	Floresta							Indivíduos nos quais as avaliações fisiológicas foram monitoradas						
	n	Mín.	Máx.	CV	SW ⁽²⁾	Média ⁽³⁾	Med ⁽⁴⁾	n	Mín.	Máx.	CV	SW ⁽²⁾	Média ⁽³⁾	Med ⁽⁴⁾
<i>Rizophora mangle</i>														
PA	60	1,88	2,89	9,81	N	2,26	2,20abcA	360	1,46	2,91	9,97	N	1,98	1,95fB
PM	60	1,96	2,77	9,15	N	2,26	2,23abcA	330	1,45	2,80	8,77	N	2,05	2,02eB
CA	5	2,23	3,10	12,34	S	2,63	2,63aA	30	1,58	2,14	9,00	S	1,86	1,89fB
BR	15	2,30	3,00	7,73	S	2,54	2,53aA	90	1,45	3,83	11,98	N	2,28	2,27bB
US	5	2,14	2,55	6,96	S	2,31	2,27abcA	30	1,77	3,19	12,56	N	2,13	2,14deA
BN	25	1,96	2,68	7,76	S	2,32A	2,33b	60	2,05	2,94	8,20	S	2,41A	2,41a
SM	45	1,86	2,81	11,14	S	2,28	2,26bcA	270	1,69	2,99	1,44	N	2,23	2,21cA
CAR	45	0,80	2,43	11,63	N	2,12	2,16cA	270	0,27	2,92	11,63	N	2,17	2,15deA
<i>Avicennia schaueriana</i>														
CA	5	1,80	2,56	14,43	S	2,07	1,96A	30	1,77	2,10	4,90	S	1,90	1,90A
CAR	5	1,50	1,97	10,90	S	1,79A	1,87	30	1,28	2,36	13,28	S	1,96A	2,02
<i>Talipariti pernambucensis</i>														
RD	15	0,91	1,77	24,00	N	1,16	1,07A	90	0,83	1,21	8,37	S	1,01	1,0B
<i>Laguncularia racemosa</i>														
US	15	2,08	3,02	11,82	N	2,42	2,37aA	90	1,33	2,97	15,90	S	2,22	2,22bA
BN	5	1,85	2,25	8,32	S	2,02	1,99bA	120	1,49	6,45	44,36	N	2,88	2,23abA
SM	10	1,85	2,60	13,05	S	2,19B	2,10ab	90	1,53	3,25	11,82	S	2,38A	2,41a
CAR	10	1,43	2,01	12,02	S	1,73	1,76cA	60	1,34	2,24	12,00	N	1,79	1,74cA

Fonte: Autoria própria.

(1) Estuário: PA = Piraqueaçu; PM = Piraquemirim; CA = Costa das Algas; BR = Barra do Riacho; RD = Rio Doce; US = Urussuquara; BN = Barra Nova; SM = São Mateus; CAR = Caravelas.

(2) SW: S = distribuição normal dos dados amostrais; N = não apresenta distribuição normal dos dados.

(3) Médias seguidas por letras maiúsculas diferentes na comparação entre floresta e floresta indicam diferença significativa a $p \leq 0.05$ pelo teste t de Student.

(4) Medianas seguidas por letras minúsculas diferentes na coluna indicam diferença significativa a $p \leq 0.05$ pelo teste Kruskal-Wallis/Mann-Whitney; medianas seguidas por letras maiúsculas diferentes na comparação entre floresta e floresta indicam diferença significativa a $p \leq 0.05$ pelo teste Mann-Whitney

A comparação dos dados relativos à fluorescência da clorofila a apresentados neste relatório obtidos até o momento nos manguezais do estado do Espírito Santo e sul da Bahia, obtidos *in locu*, é escassa considerando a ausência de dados pretéritos disponíveis na literatura para todos os manguezais monitorados.

O único estudo referido na literatura abordando relações fotoquímicas em plantas jovens de *Rhizophora mangue* e *Laguncularia racemosa* foi desenvolvido por FALQUETO et al. (2008) em um ponto do manguezal da baía de Vitória, distando cerca de 70 Km dos manguezais mais próximos de Aracruz monitorados neste estudo. O estudo apresenta apenas resultados referentes à F_0 e F_v/F_m obtidos ao longo de um dia em duas estações do ano (seca e chuvosa), carecendo, portanto, de dados que permitam uma análise pormenorizada no que tange às variações temporais e espaciais dos parâmetros fisiocológicos.

Porém, apesar da grande limitação da possibilidade de comparação dos resultados obtidos com aqueles apresentados no referido estudo, faz-se importante ressaltar que os autores encontraram variações em salinidade e F_0 entre os períodos avaliados e nenhuma diferença em F_v/F_m entre espécies e períodos analisados, resultados coerentes com os apresentados, de maneira geral, no presente estudo. SCHREIBER & ARMOND (1978) sugerem que perturbações nas membranas tilacoidais resultantes da ação de tensores ambientais podem resultar em separação do complexo coletor de luz associado ao fotossistema II (FSII). Como consequência dessa separação, o centro de reação associado ao fotossistema II é bloqueado para o fluxo de energia, resultando em aumento da produção dos sinais de fluorescência inicial (obtida aos 0,2 ms) e geralmente reduções da fluorescência máxima, F_m (obtida aos 300 ms, aproximadamente). BILGER et al. (1984), DUCRUET & LEMOINE (1985), BUKHOV et al. (1990) associam o aumento de F_0 à inibição do fluxo de elétrons entre Quinona A e Quinona B (Q_A e Q_B , respectivamente), bem como à redução na eficiência de captura (*trapping*) de energia pelos centros de reação associados ao FSII (HAVAUX, 1993). Assim, altas intensidades de fluorescência ocorrem devido ao decréscimo do transporte de elétrons para além de Q_A^- (HALDIMAN & STRASSER, 1999). Além disso, um aumento de F_0 é associado a danos reversíveis do polipeptídeo D1 associado ao FSII (STRASSER & STRASSER, 1995).

De acordo com a literatura, há duas interpretações possíveis para o aumento em ABS/RC: (1) o tamanho do sistema antena que fornece energia de excitação para os centros de reação ativos é aumentado ou (2) os centros de reação ativos ou também conhecidos como centros de reação redutores de Q_A são desativados pelo fator tensor (STRASSER & STIRBET, 1998; YUSUF et al., 2010). De maneira geral, a inativação dos centros de reação redutores de Q_A é descrita como sendo a principal razão para o aumento de ABS/RC em plantas, considerando que este aumento sempre é acompanhado por reduções no índice de desempenho (PI_{total}), aumento em F_0 e, não pouco comumente, invariabilidade de F_v/F_m , como observado neste estudo nas áreas dominadas por *Talipariti pernambucensis* e *R. mangle*, principalmente. Esta relação apresentada pode ser melhor visualizada no manuscrito publicado por FALQUETO et al. (2017).

Por outro lado, a comparação dos parâmetros fotoquímicos em *R. mangle* realizada entre pontos revelou maior F_v/F_m , PI_{total} , menor F_0 acompanhados de aumentos significativos em ABS/RC no Ponto 3 (Figura 77). Estes valores mais altos observados são esperados, considerando-se que os fatores de tensão atuam em menor intensidade no Ponto 3, em função do seu maior distanciamento da linha do mar, e, portanto, menor influência da salinidade e de outros fatores.

A similaridade dos dados observada entre florestas de bacia e franja podem não ter uma explicação clara, considerando-se a diferença potencial já preestabelecida na literatura em termos de frequência de inundação pelas marés entre as florestas de franja (SCHAEFFER-NOVELLI et al., 2000) traduzida principalmente na salinidade da água intersticial, mais elevada nas florestas de bacia. Esse padrão de salinidade entre os tipos fisiográficos depende de características locais e regionais, como escoamento superficial, topografia, profundidade do lençol freático e, em grande parte, pelo padrão de precipitação e evapotranspiração da região (SCHAEFFER-NOVELLI et al., 1990; MEDINA, 1999; LIMA, 2011). Schaeffer-Novelli et al. (1990) estudando os manguezais brasileiros, dividem a costa do Brasil em segmentos costeiros e a região que vai do Cabo de Santo Antônio, no Recôncavo Baiano (BA), até o Cabo Frio (RJ) é classificada como VI. Ela tem como característica valores similares de precipitação e evapotranspiração potencial, além de geomorfologia.

Com relação a possíveis efeitos de rejeitos em florestas de manguezais, estudos prévios realizados em condições controladas, mostram que *Kandelia obovata* (família Rhizophoraceae) podem tolerar múltiplos estresses de metais pesados em níveis relativamente altos de contaminação, com produção de biomassa vegetal comparável à do tratamento controle (sem a adição de metais pesados). No entanto, a taxa de fotossíntese (assimilação líquida de CO_2) é significativamente reduzida com o aumento do nível dos metais pesados Cu, Pb e Zn (400, 400 e 600mg kg^{-1} matéria seca, respectivamente) (CHENG et al., 2017). Naidoo et al. (2014) observaram decréscimos significativos nos parâmetros de biomassa seca total, número de folhas, altura de planta, assimilação de carbono e na produção quântica máxima do fotossistema II (F_v/F_m) com o aumento da carga de sedimentos nas concentrações de Cu, Zn, Pb e Hg para a espécie *Avicennia marina*, sendo alegado estas modificações provavelmente à toxicidade iônica e ao conteúdo reduzido de clorofila.

6.3 CONCLUSÃO

Com base nos objetivos propostos e nos resultados obtidos, observa-se variações significativas da salinidade entre estuários e pontos, com tendência para menor níveis de salinidade no ponto 3 e maior salinidade para os estuários distantes da foz do Rio Doce.

Comparação entre pontos, quando possível, revelou maior desempenho fotossintético no ponto 3 (menor salinidade média).

Comparação entre estuários mostrou que existe maior atividade fotossintética nos estuários de Costas das Algas, Barra do Riacho, Barra Nova e São Mateus, enquanto que tal atividade nos estuários de Piraquémirim, Urussuquara e Caravelas é menor.

Comparação entre florestas (bacia e franja) mostrou que, de forma geral, existe menor atividade fotossintética nas florestas de bacia.

Relação comprimento-largura foliar mostrou maior variação para *L. racemosa* e *T. pernambucensis*.

Com base nas variações descritas nos parâmetros fotossintéticos analisados entre estuários, pontos e florestas e a ausência de estudos pretéritos que permitam estabelecer um padrão de respostas para as diferentes espécies, bem como a impossibilidade de correlação dos dados com atributos da água e do solo nesta etapa do projeto, torna-se de grande importância a continuidade do monitoramento visando o estabelecimento das relações espaço-temporal das características fisioecológicas analisadas, visando a descrição de possíveis impactos dependentes da sazonalidade e do rompimento da barragem.

6.4 REFERÊNCIAS

- BILGER, H.W.; SCHREIBER, U. and LANGE, O.L. Determination of leaf heat resistance: Comparative investigation of chlorophyll fluorescence changes and tissue necrosis methods. *Oecologia*. 63: 256-262, 1984.
- BUKHOV, N.G.; SABAT, S.C. and MOHANTY, P. Analysis of chlorophyll a fluorescence changes in weak light in heat-treated *Amaranthus* chloroplasts. *Photosynth Research*, 23: 81-87, 1990.
- CHENG, S.; TAM, N.F.Y.; RUILI LI R.; SHEN, X.; NIU, Z.; CHAI, M.; GUO YU QIU, G.Y. Temporal variations in physiological responses of *Kandelia obovate* seedlings exposed to multiple heavy metals. *Marine Pollution Bulletin*. 124:1089-1095, 2017.
- CINTRON, G.; SCHAEFFER-NOVELLI, Y. *Introducción a la ecología del manglar*. ROSTLAC, Montevideo, 109 p. 1983.
- Clones. *Scientia Horticulturae*, 224, 238-243, 2017.
- DUCRUET, J.M. and LEMOINE, Y. Increased heat sensitivity of the photosynthetic apparatus in triazine-resistant biotypes from different plant species. *Plant Cell Physiology*, 26: 419-429, 1985.
- FALQUETO, A.R.; SILVA JUNIOR, R.A.; GOMES, M.T.G.; MARTINS, J.P.R.; SILVA, D.M.; PARTELLI, F.L. Effects of drought stress on chlorophyll a fluorescence in two rubber tree
- FALQUETO, A.R.; SILVA, D. M.; FONTES, R. V. Photosynthetic performance of mangroves *Rhizophora mangle* and *Laguncularia racemosa* under field conditions. *Revista Árvore*, 32: 577-582, 2008
- HALDIMAN, P.; STRASSER, R.J. Effects of anaerobiosis as probed by the polyphasic chlorophyll a fluorescence rise kinetic in pea (*Pisum sativum* L.). *Photosynthesis Research*, 62: 67-83, 1999.
- HAVAUX, M. Characterization of thermal damage to the photosynthetic electron transport system in potato leaves. *Plant Science*, 94:19-33, 1993.
- LIMA, T. Efeito da frequência de inundação na estrutura do manguezal da Baía de Vitória, Espírito Santo, Brasil. Dissertação de mestrado, Oceanografia Ambiental, Universidade Federal do Espírito Santo, 2011.
- MEDINA, E. Mangrove physiology: the challenge of salt, heat, and light stress under recurrent flooding. In *Ecossistemas de manglar en America tropical*. 1999.
- NAIDOO, G.; HIRALAL, T.; NAIDOO, Y. Ecophysiological responses of the mangrove *Avicennia marina* to trace metal contamination. *Flora*, 209: 63-72, 2014.
- SCHAEFFER-NOVELLI Y.; CINTRÓN-MOLERO G.; ADAIME R. R.; CAMARGO T. M. Variability of mangrove Brazilian coast. *Estuaries*, 13: 204-218, 1990.

Schaeffer-Novelli Y.; Cintrón-Molero G.; Soares M. L. G.; De-Rosa M. T. Brazilian Mangroves. *Aquatic Ecosystem Health and Management*, 3: 561-570, 2000.

SCHREIBER, U. and ARMOND. Heat-induced changes of chlorophyll fluorescence in isolated chloroplasts and related heat damage at the pigment level. *Biochim Biophys Acta*, 502: 138-151, 1978.

STRASSER, B.J.; STRASSER, R.J. Measuring fast fluorescent transients to address environmental questions: the JIP-test. In: Mathis, P. (Ed.), *Photosynthesis: From Light to Biosphere*. V. Kluwer Academic Publishers, Dordrecht, The Netherlands, p. 977-980, 1995.

STRASSER, R.J.; STIRBET, A.D. Heterogeneity of photosystem II probed by the numerically simulated chlorophyll a fluorescence rise (O–J–I–P). *Math. Comput. Simulat.* 48: 3-9, 1998.

YUSUF, M.A.; KUMAR, D.; RAJWANSHI, R.; STRASSER, R.J.; TSIMILLI-MICHAEL, M.; GOVINDJEE; SARIN, N.B. Overexpression of (-tocopherol methyl transferase gene in transgenic *Brassica juncea* plants alleviates abiotic stress: physiological and chlorophyll a fluorescence measurements. *Biochim. Biophys. Acta* 1797, 1428-1438, 2010.

ZAMPROGNO, G. C.; TOGNELLA, M. M. P.; COUTO, G. F.; AOYAMA, E. ALVES-ARAÚJO, A. MESQUITA, J. C. A. BARCELOS, U. D.; LOPES, D. M. S. Morphological characteres evaluation in mangrove vegetation from Vitoria Bay (Espírito Santo State, Brazil). In *Workshop de Biologia Vegetal, Rio Claro. Anais do Workshop de Biologia Vegetal*. 2012.

7 SUBPROJETO: DIAGNÓSTICO DE CONTAMINAÇÃO DA VEGETAÇÃO DO MANGUEZAL POR METAIS NAS ÁREAS DE ESTUDO.

7.1 OBJETIVO

Avaliar as áreas de manguezal no litoral norte capixaba e extremo sul da Bahia para monitoramento da dispersão dos contaminantes provenientes do rompimento da barragem de contenção de material da mineradora SAMARCO e suas consequências sobre a biota e qualidade ambiental da região em estudo, com enfoque nos metais pesados nos sedimentos.

7.2 RESULTADOS E DISCUSSÃO

As amostras de sedimentos foram coletadas em todos dos pontos propostos (Quadro 26). A saber:

Aracruz (Rio Piraquê-Açu e Rio Piraquê-Mirim) (Figura 91); Barra do Riacho (Figura 92); Regência (Figura 93); Urussuquara (Figura 94); Barra Nova (Figura 95); São Mateus (Figura 96), Conceição da Barra (Figura 97) e Caravelas (Figura 98). Em todos os pontos de amostragem, a exceção de Regência, foram coletados sedimentos, na margem esquerda, direita na parte de franja e bacia em três pontos cada e duas profundidades, totalizando 168 amostras.

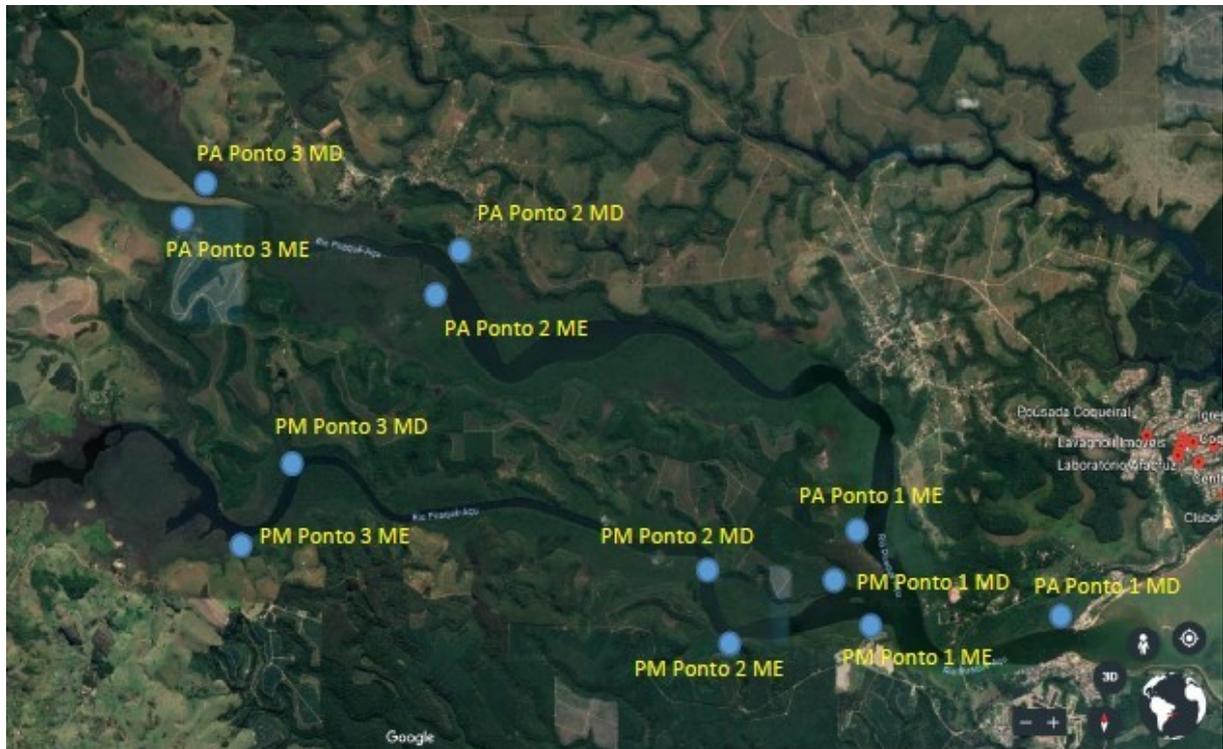
Na área de Regência, como foi a região que recebeu diretamente os contaminantes do rompimento da barragem, realizou-se uma amostragem mais intensa com 100 pontos em duas profundidades, 0-5 e 5-15 cm, dispostos em malha amostral com distância mínima de 8 metros entre as amostras, totalizando 200 amostras (Figura 93).

Quadro 26: Pontos amostrais.

Nome da estação	Código da estação amostral	Localidade	S	W
Rio Piraquê-Açu	- PA	Aracruz-ES	19°57'45"S	40°08'48"W
Rio Piraquê-Mirim	- PM	Aracruz-ES	19°57'45"S	40°08'48"W
Barra do Riacho	- BR	Barra do Riacho	19°49'46"S	40°03'49"W
Rio Doce	- RD	Regência	19°38'42"S	39°49'19"W
Urussuquara	- UR	Urussuquara	19°07'37"S	39°43'20"W
Barra Nova	- BN	Barra Nova	18°57'03"S	39°44'23"W
Meleiras	- SM	São Mateus-ES	18°37'01"S	39°45'30"W
Conc. da Barra	- CB	Conc.da Barra-ES	18°37'06"S	39°48'53"W
Caravelas	- CV	Caravelas-BA	17°45'17"S	39°16'58"W

Fonte: Autoria própria.

Figura 91: Mapa representando os pontos de amostragem dos rios Piraquê Açu (PA) e Piraquê Mirim (PM). Margem direita (MD) e margem esquerda (ME). Cada ponto possui franja e bacia.



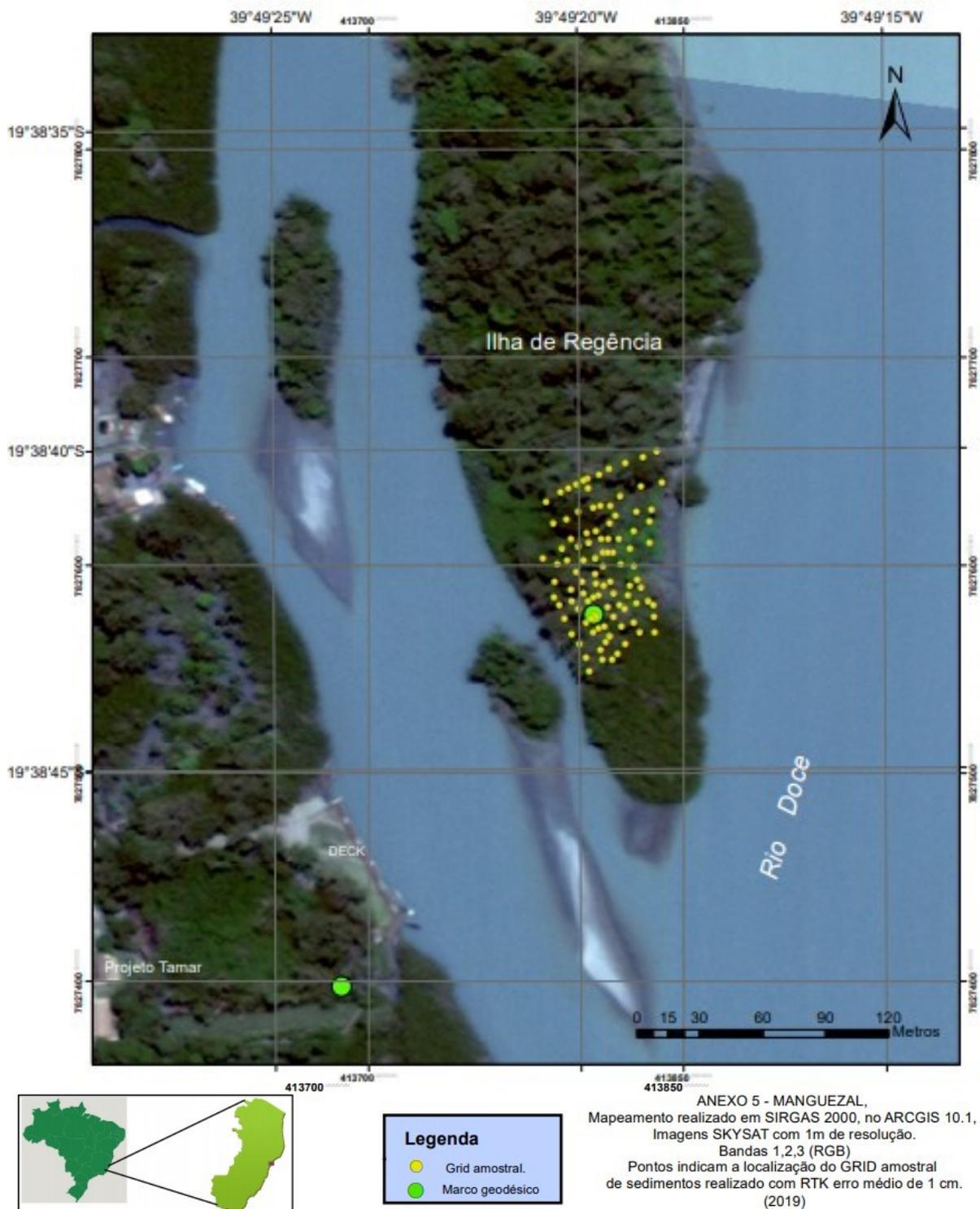
Fonte: Autoria própria.

Figura 92: Mapa representando os pontos de amostragem de Barra do Riacho. OBS.: Os pontos só possuem franja.



Fonte: Autoria própria.

Figura 93: Mapa representando os pontos de amostragem de Regência.



Fonte: Autoria própria.

Figura 94: Mapa representando os pontos de amostragem de Urussuquara.



Fonte: Autoria própria.

Figura 95: Mapa representando os pontos de amostragem de Barra Nova.



Fonte: Autoria própria.

Figura 96: Mapa representando os pontos de amostragem de Meleiras, São Mateus.



Fonte: Autoria própria.

Figura 97: Mapa representando os pontos de amostragem de Conceição da Barra.



Fonte: Autoria própria.

Figura 98: Mapa representando os pontos de amostragem de Caravelas-BA.



Fonte: Autoria própria.

As atividades propostas estão sendo executadas, no entanto observa-se um atraso nas análises de metais devido à entrega do liofilizador fora do prazo combinado, o mesmo já foi entregue e está em fase final de instalação e início dos testes para funcionamento.

Todas as amostras de sedimentos foram coletadas e estão acondicionadas em freezer para posterior análise. A análise granulométrica está sendo realizada, e resultados parciais estão apresentados no Quadro 27.

A malha amostral proposta para a localidade de Regência, foi implementado com uma área de 6.580 m² em uma ilha na foz do Rio Doce (Figura 93) com 100 pontos amostrais georeferenciados com GPS de precisão (RTK Trimble R4). Foram coletadas 200 amostras de sedimentos em duas profundidades, 0-5 e 5-15 cm. Com posse dos dados a serem analisados, será possível mapear a área, verificando possíveis locais de acúmulo de metais, principalmente nos locais de menor cota de altitude da ilha. Será possível ainda realizar correlações espaciais entre elementos químicos e entre os demais atributos estudados como teores de areia, silte e argila.

Quadro 27: Análise granulométrica realizada em parte das amostras até o momento.

Localidade	Ponto	Margem	Local	Profund. (cm)	Areia (%)	Fração fina (%)
Piraquê- Açú	P1	Direita	Franja	0-5	82,65	17,35
Piraquê- Açú	P1	Direita	Bacia	0-5	40,03	59,97
Piraquê- Açú	P1	Direita	Bacia	5-15	65,39	34,61
Piraquê- Açú	P2	Direita	Franja	0-5	84,86	15,14
Piraquê- Açú	P2	Direita	Franja	5-15	80,33	19,67
Piraquê- Açú	P2	Direita	Bacia	0-5	95,54	4,46
Piraquê- Açú	P2	Direita	Bacia	5-15	96,23	3,77
Piraquê- Açú	P3	Direita	Franja	0-5	83,27	16,73
Piraquê- Açú	P3	Direita	Franja	5-15	92,14	7,86
Piraquê-Mirim	P1	Direita	Franja	0-5	94,29	5,71
Piraquê-Mirim	P1	Direita	Franja	5-15	95,21	4,79
Piraquê-Mirim	P1	Direita	Bacia	0-5	96,80	3,20
Piraquê-Mirim	P1	Direita	Bacia	5-15	95,10	4,90
Piraquê-Mirim	P2	Direita	Bacia	0-5	96,12	3,88
Piraquê-Mirim	P2	Direita	Bacia	5-15	95,04	4,96
Piraquê-Mirim	P2	Esquerda	Bacia	0-5	97,06	2,94
Piraquê-Mirim	P2	Esquerda	Bacia	5-15	96,78	3,22
Conc.da Barra	P1	Esquerda	Franja	0-5	93,76	6,24
Conc. da Barra	P1	Esquerda	Franja	5-15	94,68	5,32
Barra Nova	P1	Direita	Bacia	0-5	70,20	29,80
Barra Nova	P2	Direita	Bacia	0-5	62,76	37,24
Barra Nova	P3	Direita	Franja	0-5	92,34	7,66
Urussuquara	P2	Direita	Franja	5-15	88,33	11,67
Urussuquara	P3	Esquerda	Franja	0-5	86,21	13,79
Urussuquara	P3	Esquerda	Bacia	5-15	94,15	5,85

Fonte: Autoria própria.

7.3 CONCLUSÃO

A base de dados que se tem para os estudos sobre sedimentos até o momento, não nos permite concluir sobre o comportamento dos dados. Pois como foi citado, houve atrasos no recebimento de determinados equipamentos que não nos permitiu avançarmos como planejado. No entanto, tais equipamentos foram entregues no último mês e os trabalhos estão sendo conduzidos.

A respeito dos resultados mais adiantados na análise de sedimentos, a análise granulométrica, a mesma ainda não foi finalizada não permitindo comparar os dados estatisticamente e tirar possíveis conclusões a respeito.

Uma vez sanados os ajustes desse primeiro momento, aquisição de equipamentos, ajustes e testes iniciais, entendemos que as próximas etapas irão fluir, mas mais facilidade e o continuidade do monitoramento se torna importante para estudar a dinâmica da deposição dos contaminantes ao longo do tempo.

7.4 APÊNDICE

Figura A 1 Processo de amostragem de sedimento em mangue



Fonte: Autoria própria.

Figura A 2: Representação de um dos 100 pontos amostrais da malha amostral de Regência e amostrador de sedimentos utilizado pela equipe.



Fonte: Autoria própria.

Figura A 3: Demarcação dos pontos da malha amostral de Regência granulometria, matéria orgânica e carbonato de cálcio.



Fonte: Autoria própria.

Figura A 4: Separação das amostras em partes para análise de metais, utilizando GPS de precisão. Malha amostral de Regência.



Fonte: Autoria própria.

Figura A 5: A) Amostras em processo de decantação. Diferença entre sedimentos das regiões coletadas. B) Processo de remoção do sal através da decantação. C) Processo de queima da matéria orgânica com peróxido de hidrogênio após remoção do sal.



Fonte: Autoria própria.