

II. CARACTERIZAÇÃO DA REGIÃO COSTEIRA E PLATAFORMA CONTINENTAL DA BACIA SEDIMENTAR DE SERGIPE E SUL DE ALAGOAS

II. CARACTERIZAÇÃO DA REGIÃO COSTEIRA E PLATAFORMA CONTINENTAL DA BACIA SEDIMENTAR DE SERGIPE E SUL DE ALAGOAS

II.1 CONSIDERAÇÕES INICIAIS

A Bacia de Sergipe-Alagoas situa-se na costa leste brasileira, cobrindo cerca de 35.000 km², abrangendo áreas terrestres e marítimas dos estados de Sergipe e Alagoas. A porção emersa da bacia possui uma área de 13.000 km² e a porção submersa, de 32.760 km², até a isóbata de 3.000 m. É uma bacia com extensão alongada, limitando-se ao norte com a Bacia Pernambuco-Paraíba, no Alto de Maragogi, e ao sul, com a Bacia de Jacuípe e uma das tradicionais produtoras de petróleo do país que, juntamente com a Bacia do Recôncavo, escreveu as primeiras páginas na história brasileira da geologia do petróleo (MILANI *et al.*, 2000).

A área de estudo do PCR-SEAL está localizada na costa leste brasileira, tendo como limite norte a região alagoana onde há atividade de E&P, nas proximidades de Coruripe na latitude 10°09'51,1" S e longitude 36°07'21,3" W até a margem da plataforma na latitude 10°18'4,6" S e longitude 36°56'58,9" W e como limite sul o rio Piauí-Real, na divisa do estado da Bahia e Sergipe que corresponde à latitude 10°54'36,2" S e longitude 36°58'24,2" W até a margem da plataforma na latitude 11°00'31,8" S e longitude 36°40'32,9" W (Figura 2.1).

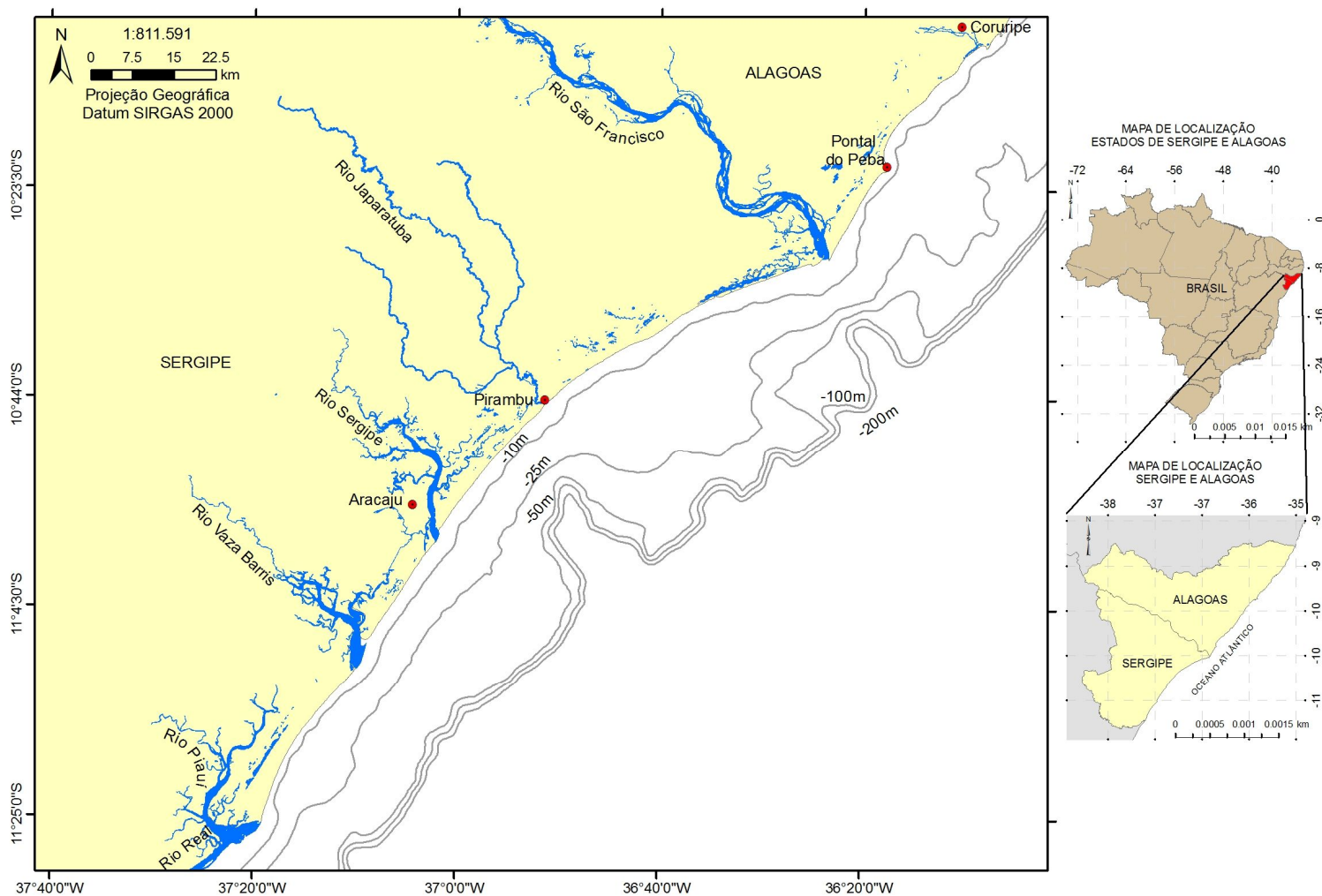


Figura 2.1 - Mapa da localização área de estudo regional da Plataforma Continental de Sergipe e sul de Alagoas.

II.2 FISIOGRAFIA, OCEANOGRAFIA E CLIMA

A fisiografia da plataforma continental na região nordeste varia em forma e largura com uma média de 50 km. A profundidade da borda da plataforma está em torno de 80 m, sendo mais rasa (40-50 m, em média) ao norte do Banco Royal Charlotte (ZEMBRUSCKI *et al.*, 1972). A plataforma continental de Sergipe e sul de Alagoas apresenta largura média de 33 km, atingindo um máximo de 35 km a norte do cânion Japarutuba, estreitando-se para apenas 8 km na cabeceira do cânion São Francisco (UFS/PETROBRAS, 2011). Os cânions dos rios São Francisco e Japarutuba que recortam a plataforma ao norte de Sergipe são remanescentes dos períodos de regressão marinha e outros cânions de menor porte (Sapucaia, Piranhas, Vaza-Barris e Piauí-Real) foram observados em estudo prévio na borda da plataforma da área de estudo (UFS/PETROBRAS, 2011). O talude na região nordeste apresenta escarpamentos de 30° a 45°, muito irregulares, recortados por cânions e vales em forma de V (BOYER, 1969) cuja profundidade de sua base varia de 1600 a 3600 m.

No nordeste brasileiro, destacam-se os depósitos terciários da Formação Barreiras que formam “tabuleiros” no continente cujas dimensões variam entre 10 e 100 m de altura e até 10 km de extensão, que mergulham em direção ao oceano sendo cortados por bacias de drenagem locais (BITTENCOURT *et al.*, 2005). Estes tabuleiros são intercalados em algumas áreas com franjas deposicionais do Quaternário nos estuários. Neste cenário, o delta do Rio São Francisco possui o maior depósito do Quaternário da região (UFS/PETROBRAS, 2011).

O suprimento de sedimento para a área costeira varia bastante na costa brasileira e é dependente do relevo, clima e área (DOMINGUEZ & BITTENCOURT, 1996). Cerca de 70% da superfície da plataforma continental é coberta por sedimentos relictos, depositados durante o último período glacial, especialmente quando o nível do mar era mais baixo que o atual (MILLIMAN, 1975).

Na área de estudo, encontram-se, dependendo da localização na zona costeira, quantidades variáveis de areia, cascalho, silte e argila, sendo que a plataforma interna apresenta uma mistura de sedimentos silicilásticos e

carbonáticos; o primeiro advém da descarga dos rios, erosão costeira e de sedimentos relictos de trato de mar baixo, enquanto o segundo resulta do crescimento e transporte de organismos marinhos como algas verdes e vermelhas (LEÃO & DOMINGUEZ, 2000). As áreas mais ricas em carbonatos estão na borda de plataforma e na plataforma sul de Alagoas, se aproximando da linha de costa, onde o Grupo Barreiras está presente, formando paleofalésias, enquanto que as áreas mais pobres em carbonato localizam-se na foz do São Francisco e nas cabeceiras do cânion Japarutuba (UFS/PETROBRAS, 2011).

A Bacia de Sergipe-Alagoas foi subdividida por Souza-Lima (2006) em: Sub-bacia de Alagoas, Sub-bacia de Sergipe, Sub-bacia do Cabo e Jacuípe. Segundo Figueiredo Jr. *et al.* (2011) as feições mais conspícuas nos modelos digitais do fundo marinho da Plataforma Continental de Sergipe e sul de Alagoas são as áreas lisas ou com pouca rugosidade, as áreas rugosas, os cânions, os vales incisos e bancos alinhados (Figura 2.2). As áreas mais rugosas estão localizadas a norte do São Francisco (Alagoas) e a sul (Sergipe). Em Alagoas a superfície tem um aspecto rugoso desde a linha de costa até a borda da plataforma e no sul de Sergipe a superfície rugosa aparece a partir dos 25 m de profundidade. As superfícies rugosas são interrompidas por duas superfícies lisas: uma em frente à foz do São Francisco e outra ao largo da foz, nas proximidades da cabeceira do cânion Japarutuba. As áreas de morfologia rugosa denotam a presença de sedimentos carbonáticos enquanto as áreas lisas de sedimentação terrígena. Dois grandes cânions, São Francisco e Japarutuba e outros menores (Sapucaia, Piranhas, Vaza-Barris e Piauí-Real) são observados na área cortando a borda da plataforma. Os vales incisos conforme já descritos por Coutinho (1976), correspondem a antigas drenagens afogadas e não preenchidas por sedimento. Os vales aparecem no setor norte onde as drenagens que chegam ao litoral são de pequena envergadura e transportam pouco sedimento e há o predomínio de carbonatos, alguns cortam a plataforma transversalmente em forma retilínea e outros formam meandros (Figura 2.2).

Esta rugosidade do fundo marinho na região de estudo corresponde à área com crescimento algálico, que pode ter forma de pináculos ou áreas rugosas com elevação um pouco acima da topografia local. Estas áreas estão geralmente na plataforma média e externa, mas aparecem mais próximo a costa onde o Grupo

Barreiras está junto ao litoral, na forma de paleofalésias, como no caso do litoral sul de Alagoas (FIGUEIREDO Jr *et al.*, 2011).

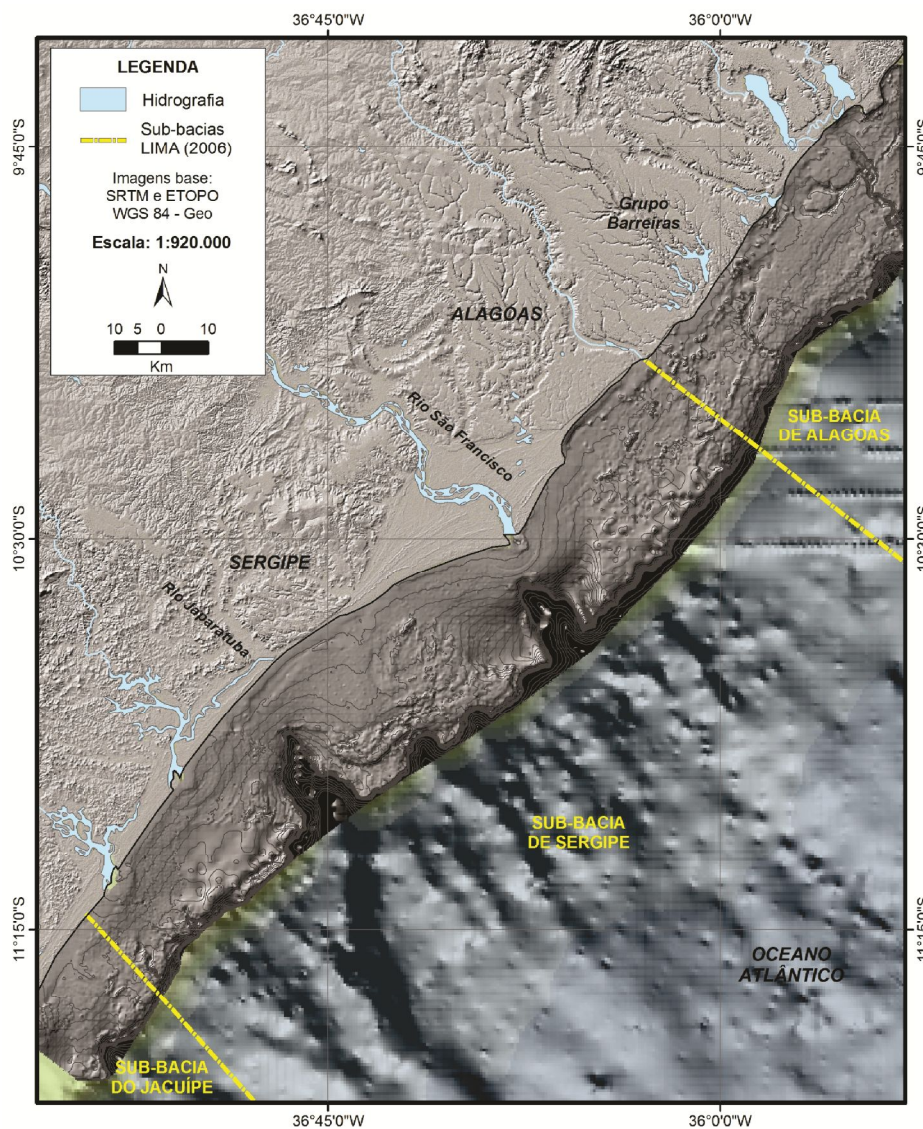


Figura 2.2 - Modelo digital de terreno, sobreposto por curvas batimétricas, com três partes integradas, cada uma delas com um exagero vertical distinto: continente, plataforma continental e talude, com delimitação dos limites entre as sub-bacias sedimentares subjacentes. Podem ser observados os cânions do São Francisco e Japarutuba, os vales incisivos no sul de Alagoas, os arenitos de praia e as áreas rugosas e lisas.

Fonte: Figueiredo *et al.*, 2011, UFS/PETROBRAS, 2011.

Os resultados da análise de dados sedimentológicos acoplados a tipologia das bacias de drenagem, a magnitude e a variabilidade temporal e espacial do

aporte fluvial e a dispersão de matéria em suspensão através de plumas de turbidez do rio São Francisco demonstraram que a Interface terra-mar possui alta diversidade estrutural e funcional na costa de Sergipe e sul de Alagoas (MABESOONE & TINOCO, 1970; FRANÇA, 1979, KEMPF, 1972; MABESOONE *et al.*, 1972; COUTINHO, 1976; SUMMERHAYES *et al.*, 1975; KNOPPERS *et al.*, 1999; UFS/PETROBRAS, 2013).

A partir das interpretações das feições e da análise faciológica dos sedimentos de fundo, levantados na Fase 1 do PCR-SEAL, foi possível delimitar os diferentes contextos morfo-sedimentares da Plataforma Continental de Sergipe e sul de Alagoas, considerando dois controles principais, um no sentido transversal (plataforma interna, média e externa) e outro no sentido longitudinal a linha de costa, com a identificação de cinco províncias e/ou setores morfo-sedimentares: a) plataforma sul de Sergipe (SE); b) lamosa terrígena da foz do rio Japarutuba (SE); c) terrígena-carbonática do norte de Sergipe (Alto de Ponta dos Mangues (SE); d) lamosa terrígena da foz do rio São Francisco (SE/AL); e) carbonática-terrígena do sul de Alagoas (AL). As variações laterais dos contextos morfo-sedimentares estão diretamente associadas à influência dos aportes fluviais e ao relevo continentais, tendo o rio São Francisco a principal fonte pontual de matéria para a plataforma continental (UFS/PETROBRAS, 2011).

O clima da região se enquadra como tropical quente semi-úmido e a temperatura média situa-se em torno de 23 a 26°C. Os meses mais quentes são os de outubro, novembro e dezembro, com temperatura variando entre 30 e 32°C. Os meses mais frios são junho, julho e agosto, com valores variando entre 16 a 19°C (SEMARH, 2011). De acordo com o método de classificação climática de Thornthwaite e Mather (1955), que se expressa pelo índice de umidade, o litoral sergipano apresenta um clima Megatérmico Subúmido Úmido (C2 A' a'), o mais chuvoso do estado de Sergipe, em que os excedentes hídricos concentram-se no final do outono e no inverno e a moderada deficiência hídrica ocorre no verão, associada à maior evapotranspiração.

As áreas costeiras do Brasil são influenciadas por ventos alíseos tanto de sudeste (SE) como de nordeste (NE). O padrão de circulação geral na costa nordeste do Brasil é controlado por massas de ar geradas na célula de alta pressão do Atlântico Sul e pelo avanço de massas polares associadas com a zona de convergência intertropical. A zona de divergência dos ventos alíseos

ocorre na parte sudeste da célula de pressão e ventos de nordeste sopram para o sul desta zona. Uma variação sazonal nesta célula produz uma oscilação de direção norte-sul da zona de divergência entre 100 e 200 S. Esta zona se move em direção ao norte no verão e ao sul durante o inverno. Como resultado, ventos de nordeste e sudeste dominam a costa até os 130 S durante o ano, com velocidades de 5,5 a 8,5 m s⁻¹ (ROSSI-WONGTSCHOWSKI *et al.*, 2006). Os ventos alísios do nordeste e sudeste, que prevalecem na região equatorial do Oceano Atlântico, convergem na Zona de Convergência Intertropical (ZCIT), que migra durante o ano, localizando-se mais ao norte entre agosto-setembro e ao redor do Equador entre março-abril. Em janeiro, quando este cinturão migra em direção ao sul, as águas de superfície são forçadas pelos ventos alísios do nordeste (CASTRO & MIRANDA, 1998). Em geral, épocas de maior precipitação na zona costeira ocorrem durante o inverno austral (julho-agosto) e menores precipitações durante o verão austral (janeiro-fevereiro).

Em relação à oceanografia física da área, as correntes de borda de Oeste, tal como a Corrente Norte do Brasil (CNB) e a Corrente do Brasil (CB) formadas pela Corrente Sul Equatorial (CSE) na região Nordeste-Oriental e Leste-Norte, respectivamente, são oligotróficas e as suas águas Tropicais de Superfície (ATS; T ≥ 25,0°C, S = 37,1) se proliferam diretamente sobre a plataforma continental e atingem a costa, acarretando um alto potencial de diluição de materiais oriundos do continente (CASTRO & MIRANDA, 1998; EKAU & KNOPPERS, 1999 e 2003).

As condições de oligotrofia geradas pela CSE podem ser visualizadas na Figura 2.3, que apresenta um cenário geral da distribuição da concentração do indicador da biomassa fitoplanctônica das águas da plataforma continental brasileira e dos oceanos adjacentes. Os maiores teores encontram-se nas regiões influenciadas pelos rios Amazonas, no norte, e Paraná (rio de La Plata). No sul, as regiões Sudeste e Leste apresentam teores intermediários e já oligotróficos e os setores Nordeste e Leste-Norte, apresentam teores altamente baixos (< 0,05 mg Cl. a m⁻³). Desta forma, a plataforma norte de Sergipe e sul de Alagoas corresponde a uma das mais oligotróficas da plataforma continental brasileira (Tabela 2.1). A oligotrofia gerada pela CSE também se reflete nos baixos teores de matéria em suspensão, carbono orgânico particulado e a produtividade primária pelágica da região (EKAU & KNOPPERS, 1999).

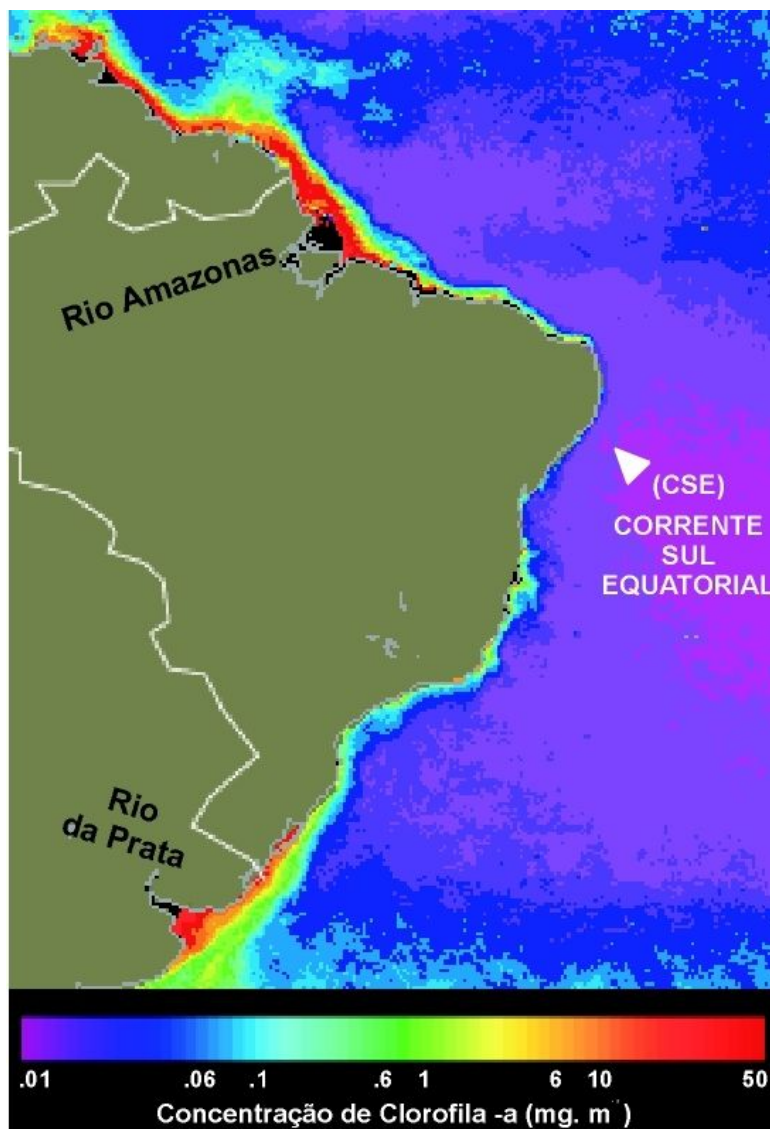


Figura 2.3 - Distribuição da clorofila a (mg.m^{-3}), indicador da biomassa fitoplanctônica e grau de oligotrofia das águas de superfície do Oceano Atlântico Ocidental. Composição de imagens Nimbus 7 “Coastal Zone Color Scanner” do período novembro 1978 a junho 1986.

Fonte: http://seawifs.gsfc.nasa.gov/SEAWIFS/CZCS_DAT/global_full.html. Modificado por Ekau e Knoppers (1999).

Outro ponto de importante consideração refere-se às fontes de nutrientes que sustentam a biomassa das algas. Considera-se a reciclagem autóctona de matéria orgânica na interface água-sedimento como uma das fontes internas somada à corrente da Água Central do Atlântico Sul (ACAS; $T \leq 14^{\circ}\text{C}$, $S = 34,6$) que se estende do sul ao norte ao longo do talude continental. Esta pode ressurgir esporadicamente com suas águas ricas em nutrientes através de cânions em determinadas condições climático-oceanográficas e impulsionar tanto a produção

primária bêntica e pelágica. Estudos revelaram que a ACAS pode ressurgir e se proliferar até 50 m de profundidade na plataforma continental do Nordeste-Oriental. Estudos direcionados à detecção da ressurgência da ACAS através dos cânions São Francisco e Japarutuba podem esclarecer um dos processos que mantém as algas calcárias (CASTRO & MIRANDA, 1998; KNOPPERS *et al.*, 1999; LEÃO & DOMINGUES, 2000; EKAU & KNOPPERS, 1999; MARQUES *et al.*, 2004; JENNERJAHN *et al.*, 2010).

Tabela 2.1 - Características tipológicas de macro-escala e meso-escala do cinturão Nordeste-Oriental e Leste-Norte em que se enquadra a área de estudo do Projeto PCR-SEAL.

Região Geográfica	Nordeste		Leste
Marcos geográficos	Cabo São Roque e Rio São Francisco	Rio São Francisco	Rio São Francisco e Rio Belmonte
Setor: Latitude	5.1°S-35.5°W e 10.5°S-36.5°W	10.5°S-36.5°W	10.5°S-36.5°W e 15.8°S-38.9°W
Clima			
Clima na Costa (Tipo Köppen)	Úmido Tropical As	Úmido Tropical As	Úmido Tropical As/Af
Drenagem			
Região Hidrográfica	Atlântico Nordeste Oriental	São Francisco	Atlântico Leste
Sub-Bacias da Zona Costeira	38 e 39	49	50 a 51
Área (km ²)	91.488	634.000	170.000
Costa (km)	737	50	473
Descarga de Água (m ³ .s ⁻¹)	374	2.060	606
Ecossistemas e Tipo de Maré			
Tipo	Estuários-Rias	Delta-Estuarino	Estuários-Rias
Área Manguezais (km ²)	476	20	877
Maré	Mesomaré (2 - 4 m)	Mesomaré (2 - 4 m)	Mesomaré (2 - 4 m)
Plataforma continental			
Correntes Oceânicas	CNB/CSE	CSE	CSE/CB
Clorofila a mg.m ⁻³	0,05 - 0,34	0,2 - 2,0	0,05 - 0,3
Prod. Primária (gC.m ⁻² .d ⁻¹)	0,02 - 0,2	Nd	0,1 - 0,5
COP (g.m ⁻³)	nd	0,1 - 0,5	nd
Matéria em Suspensão (g.m ⁻³)	0,3 - 4,0	0,5 - 20	0,3 - 4,0

Legenda: Nd: não disponível; As: Clima tropical quente e úmido, com estação seca no inverno; Af: Clima tropical úmido ou superúmido, sem estação seca. CNB: Corrente Norte do Brasil; CSE: Corrente Sul Equatorial ;CB: Corrente do Brasil; COP: Carbono Orgânico Particulado

II.3 BACIAS HIDROGRÁFICAS DE SERGIPE E ALAGOAS

A área de estudo do Projeto de Caracterização Regional da Bacia de Sergipe e Alagoas – PCR-SEAL incorpora um trecho pequeno do setor sul da Bacia do Atlântico Norte Oriental (Sub-Bacia 39), a bacia do Baixo São Francisco (Sub-Bacia 49) e parte do setor norte da Bacia do Atlântico Leste (Sub-Bacia 50) (ANA, www.ana.gov.br). A zona costeira da área deste estudo (Figura 2.4) encontra-se sob a influência dos aportes das bacias hidrográficas dos rios São Francisco, Sergipe, Japarutuba, Vaza Barris, Piauí e Real no estado de Sergipe e dos rios São Miguel e Coruripe no estado de Alagoas. A Sub-bacia 49 do rio São Francisco incorpora a área ao norte e ao sul da divisa entre os estados de Sergipe e Alagoas e as bacias dos rios Vaza-Barris, Piauí-Real ultrapassam a fronteira do estado de Sergipe (SEMARH, 2012).

A Tabela 2.2 apresenta informações sobre os principais rios da costa de Sergipe e sul de Alagoas. As áreas das bacias de drenagem dos rios variam em diversas ordens de grandeza, sendo a maior a do São Francisco com uma área de 640.000 km², seguida do Vaza-Barris com uma área de 16.200 km² e o complexo das bacias dos rios Piauí-Real-Piauitinga, que desembocam em conjunto no mar, com área total de 8843 km² (Tabela 2.2). Os rios do estado de Sergipe possuem comprimentos variando de 80 km (Japarutuba) até aproximadamente 320 km (Vaza-Barris). Embora a bacia do rio São Francisco apresente uma área de 640.000 km², a Sub-Bacia 49 definida pela ANA como o Baixo São Francisco possui desde a jusante da barragem do Xingó (180 km da costa) uma área de 36.000 km². A Bacia do rio São Francisco é a mais estudada dentre as que drenam na costa de Sergipe e Alagoas e corresponde a maior bacia de drenagem do território brasileiro (SOUZA & KNOPPERS, 2003; MEDEIROS *et al.*, 2007).



Figura 2.4 - Composição e extensão transfronteiriça das bacias de drenagem da área do projeto PCR-SEAL.

Fonte: PETROBRAS, 2011.

Tabela 2.2 - Informações sobre os principais rios que drenam os estados de Sergipe e Alagoas.

Bacia Hidrográfica	Sub-bacia (ANA)	Área de drenagem (km ²)	Número de Municípios (estados)	Número de habitantes	Extensão (m)	VM (QLT) (m ³ .s ⁻¹)	VM (QLT) (km ³ .ano ⁻¹)	VE (QLT) (mm/ano)	Uso do Solo
São Miguel (AL)	39	754	16 (AL)	378.030	627	3,6	0,11	146	Irrigação, monocultura de cana-de-açúcar
Coruripe (AL)	39	1.542	19 (AL)	500.205	-	7,4	0,23	147	Irrigação, monocultura de cana-de-açúcar
São Francisco (SE e AL)	40 a 49	640.000	504 (MG, BA, PE, AL, SE, GO, DF)	12.796.082	1800	1758	55,40	87	Irrigação, agricultura de soja e milho, pecuária, pesca e aquicultura, indústria e agroindústria, barragens, atividades minerais, turismo e lazer
Sergipe (SE)	50	1.343	26	1.010.523	350	4,1	0,13	97	Cultivo da cana-de-açúcar e mandioca, fruticultura, pecuária, exploração mineral (areia e argila), indústrias
Japarutuba (SE)	50	1.841	20	201.931	-	3,1	0,10	54	Cultivo da cana-de-açúcar, fruticultura, pecuária, exploração mineral (petróleo, gás natural, sal gema, calcáreo, potássio, magnésio, turfa e areia) e irrigação
Vaza-Barris (SE)	50	15.740	14	160.000	500	11,4	0,36	22	Agricultura, pecuária
Piauí (SE)	50	3.993	15	432.000	330	5,2	0,16	40	Irrigação, mineração, indústrias, fruticultura, pecuária, pesca, turismo, lazer
Real (SE)	50	4.850	8	-	500	12,9	0,41	85	Agricultura, pecuária, pesca, aquicultura, piscicultura irrigação, cerâmica e lazer

Legenda: VM: vazão média; VE: vazão específica.

De maneira geral, todos os rios das bacias da zona costeira de Sergipe e Alagoas, podem ser considerados como rios de pequeno porte, com comportamento intermitente de curto prazo e vazões médias de longo prazo (QLT) na ordem de 3,1 a 12,9 m³.s⁻¹ (0,1 a 0,41 km³.ano⁻¹), com exceção do São Francisco, considerado um rio de médio a grande porte, com vazões médias atuais (QLT) do período Pós-Barragens em torno de 1758 m³.s⁻¹ (55,4 km³.ano⁻¹). Em comparação a média QLT da vazão do período Pré-Barragens (1938 a 1973) de 3008 m³.s⁻¹ (94,9 km³.ano⁻¹), o rio São Francisco perdeu em torno de 42%, 95% e 90% do seu transporte de água, matéria em suspensão e nutrientes à zona costeira, respectivamente (KNOPPERS *et al.*, 2012; KNOPPERS *et al.*, 2011).

A vazão específica (VE), ou seja, o rendimento de água normalizada pela área da bacia (“run-off” ou “yield” em Inglês) varia de forma expressiva entre os rios. Os pequenos rios São Miguel e Coruripe do estado de Alagoas apresentaram a maior vazão específica e os rios Vaza-Barris e Piauitinga as menores vazões. Quanto ao rio São Francisco, a vazão específica se mantém num patamar intermediário, quando comparado aos demais rios de pequeno porte, em função da redução da sua vazão pelas barragens (Tabela 2.2). É de conhecimento geral que rios de pequeno porte apresentam vazões específicas maiores que os rios de médio a grande porte, inclusive os do nordeste e leste do Brasil (MILLIMAN & SYVITSKI, 1982; SOUZA & KNOPPERS, 2003; JENNERJAHN *et al.*, 2010).

Segundo Jennerjahn (2012), rios de pequeno e médio porte devem ser levados em consideração em estudos ambientais uma vez que rios pequenos e montanhosos podem apresentar cargas sedimentares duas ou três vezes maiores que rios de maior porte. Entretanto, Medeiros *et al.* (2011) concluíram que o impacto de água doce na zona costeira através dos rios de pequeno porte das bacias de Sergipe e Alagoas deve ser considerado como mínimo, com exceção dos curtos períodos marcados pelas enxurradas, durante o inverno chuvoso, quando as vazões máximas destes rios variam de 200 a 600 m³.s⁻¹. Nestas condições, estes podem influenciar a parte interna da plataforma continental.

As barragens no rio São Francisco alteraram sobremaneira a influência deste rio sobre a zona costeira do litoral sergipano, em função da diminuição nos fluxos de água doce, da perda da capacidade de transporte de sedimentos em suspensão com a retenção de sedimentos nas barragens e da diminuição da carga e alterações na composição dos nutrientes. A construção das barragens

leva ao assoreamento da calha fluvial e a desestabilização e erosão da costa, que perde o equilíbrio dinâmico e sazonal entre os fluxos fluviais de suprimento de materiais e a remoção/ retrabalhamento destes materiais realizado pelas forçantes oceanográficas (SOUZA *et al.*, 2011). Entretanto, o rio São Francisco continua sendo considerado como a fonte principal de água doce da região, com vazão constante regularizada e eventos esporádicos de menor ou maior vazão, em função de eventos climáticos extremos, cujo impacto pode variar espacialmente na bacia de drenagem (MEDEIROS *et al.*, 2011).

Dentre as consequências das barragens, destacam-se a redução da contribuição de nutrientes dissolvidos em 94% (nitrogenados e fosfatados), 31% (sílica dissolvida), 95% (matéria em suspensão) e 40% (vazão) na área costeira sob influência do rio São Francisco, de acordo com um estudo comparativo entre dados coletados em 1984-1985 e 2001 (BESSA & PAREDES, 1990; SANTOS, 1993; KNOPPERS *et al.*, 2006; MEDEIROS, 2003; MEDEIROS *et al.* 2011). Corroborando estas conclusões, em estudo realizado com dados de 1995, Jennerjahn (2012) mostra que a vazão reduzida do rio São Francisco somada à baixa contribuição de nutrientes e ao fato das barragens estarem localizadas a 200 - 700 km da costa parecem influenciar não só a redução do aporte de nutrientes à margem continental como também a mudança da composição do fitoplâncton, que variou em períodos específicos em relação à sua constituição, o que pode levar, por sua vez, a uma mudança em diferentes níveis tróficos nas águas sobre a plataforma continental.

Embora a vazão do rio São Francisco seja atualmente regularizada pelas barragens no patamar oficial de $2060 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$, eventos extremos que perturbam ou ultrapassam a capacidade de regularização da vazão ainda ocorrem e, dependendo da magnitude da carga de material em suspensão, ainda geram plumas costeiras de turbidez extensas que podem afetar a plataforma continental. O material de origem fluvial é transportado na costa pela ação das marés, correntes costeiras e pela Corrente Sul Equatorial. Já em condições normais de regularização da vazão (durante o período pós-barragem), a pluma de turbidez do rio São Francisco é fraca e a dispersão de material em suspensão ocorre frequentemente na parte interna da plataforma. Em ambos os cenários, os processos de erosão costeira e ressuspensão de matéria ao redor do pro-delta e do litoral podem, de certa forma, alimentar a pluma de sedimentos em suspensão (KNOPPERS *et al.*, 2006; MEDEIROS *et al.*, 2007).

II.4 UNIDADES DE CONSERVAÇÃO DA BACIA SEDIMENTAR DE SERGIPE E ALAGOAS

O texto apresentado neste item é uma síntese do estudo “Unidades de Conservação da Bacia Sedimentar dos estados de Sergipe e Alagoas” (UFS/PETROBRAS, 2013) executado pela Universidade Federal de Sergipe, Departamento de Biologia do Núcleo de Ecossistemas Costeiros em parceria com a PETROBRAS/CENPES.

No estudo acerca das Unidades de Conservação da Bacia de Sergipe e Alagoas foi identificado um total de 38 unidades de conservação inseridas, total ou parcialmente, na área da Bacia Sedimentar Sergipe-Alagoas (Tabela 2.3). Deste total, 24 estão localizadas em Alagoas e 14 em Sergipe.

Tabela 2.3 - Unidades de Conservação presentes na área da Bacia Sedimentar Sergipe-Alagoas.

UF	Nome	Esfera	Bacia SE-AL
AL	Área de Proteção Ambiental da Costa dos Corais	Federal	Parcialmente
AL	Área de Proteção Ambiental da Marituba do Peixe	Estadual	Sim
AL	Área de Proteção Ambiental de Piaçabuçu	Federal	Sim
AL	Área de Proteção Ambiental de Santa Rita	Estadual	Parcialmente
AL	Área de Proteção Ambiental do Catolé e Fernão Velho	Estadual	Sim
AL	Área de Proteção Ambiental do Pratagy	Estadual	Sim
AL	Área de Proteção Ambiental Municipal do Poxim	Municipal	Sim
AL	Área de Proteção Permanente do IBAMA*	Federal	Sim
AL	Estação Ecológica Foz do Rio São Francisco	Federal	Sim
AL	Parque Municipal Marinho de Paripueira	Municipal	Sim
AL	Parque Municipal de Maceió (Parque Mário Dubeaux Leão)	Municipal	Sim
AL	Reserva Ecológica do Saco da Pedra**	Estadual	Sim
AL	Reserva Ecológica Manguezais da Lagoa do Roteiro**	Estadual	Sim
AL	Reserva Extrativista Marinha da Lagoa do Jequiá	Federal	Sim
AL	Reserva Particular do Patrimônio Natural Aldeia Verde	Particular	Sim
AL	Reserva Particular do Patrimônio Natural do Pereira	Particular	Sim
AL	Reserva Particular do Patrimônio Natural Fazenda São Pedro	Particular	Sim

(continua)

(conclusão – Tabela 2.3)

UF	Nome	Esfera	Bacia SE-AL
AL	Reserva Particular do Patrimônio Natural Gulandim	Particular	Sim
AL	Reserva Particular do Patrimônio Natural Lula Lobo I	Particular	Sim
AL	Reserva Particular do Patrimônio Natural Placas	Particular	Sim
AL	Reserva Particular do Patrimônio Natural Rosa do Sol	Particular	Sim
AL	Reserva Particular do Patrimônio Natural Santa Fé	Particular	Sim
AL	Reserva Particular do Patrimônio Natural Sítio Tobogã	Particular	Sim
SE	Área de Proteção Ambiental da Foz do Rio Vaza-Barris**	Estadual	Sim
SE	Área de Proteção Ambiental do Litoral Norte	Estadual	Sim
SE	Área de Proteção Ambiental do Litoral Sul do Estado de Sergipe	Estadual	Parcialmente
SE	Área de Proteção Ambiental do Morro do Urubu	Estadual	Sim
SE	Floresta Nacional do Ibura	Federal	Sim
SE	Paisagem Natural Notável**	Estadual	Sim
SE	Parque Ecológico Municipal Tramandaí	Municipal	Sim
SE	Parque Estadual das Dunas***	Estadual	Sim
SE	Parque Nacional Serra de Itabaiana	Federal	Parcialmente
SE	Refúgio de Vida Silvestre Mata do Junco	Estadual	Sim
SE	Reserva Biológica de Santa Isabel	Federal	Sim
SE	Reserva Particular do Patrimônio Natural do Caju	Federal	Sim
SE	Reserva Particular do Patrimônio Natural Dona Benta e seu Caboclo	Particular	Sim
SE	Reserva Particular do Patrimônio Natural Fonte da Bica	Particular	Sim

Legenda: * Categoria não enquadrada no SNUC; ** Unidade em fase de recategorização; *** Unidade em fase de criação

Na literatura consultada foram ainda encontradas citações sobre algumas áreas de preservação que, não estão adequadamente configuradas como unidades de conservação dentro do Sistema Nacional de Unidades de Conservação da Natureza - SNUC (Lei Nº 9.985/2000), tendo sido por este motivo excluídas dessa análise, como a Área de Preservação Permanente mantida pela PETROBRAS no Terminal de Carmópolis (TECARMO) e a Reserva Particular do Patrimônio Natural Mata do Crasto, não efetivamente registrada como UC. Tomadas separadamente ou em conjunto, a maior parte das UC dos estados de Sergipe e Alagoas estão inseridas no grupo de uso sustentável (Tabela 2.4).

Tabela 2.4 - Classificação das UC de Sergipe e Alagoas, por grupo (Uso Sustentável e Proteção Integral).

	SERGIPE n e %	ALAGOAS n e %	Total n e %
Proteção Integral	4 (28,6)	4 (16,7)	8 (21,1)
Uso Sustentável	7 (50,0)	17 (70,8)	24 (63,2)
Recategorização	2 (14,3)	2 (8,3)	4 (10,5)
Em Criação	1 (7,1)		1 (2,6)
Não enquadrada		1 (4,2)	1 (2,6)

A existência de um maior número de UC de uso sustentável deve-se, principalmente a maior facilidade de criação e implementação deste grupo de unidade, em comparação com as de proteção integral. Como o espaço territorial das UC de proteção integral deve ser convertido em terras públicas, a implantação deste grupo de UC, geralmente, demanda muitos recursos para a desapropriação e para o reassentamento das populações locais (CESAR *et al.*, 2003). Com exceção das Florestas nacionais (Art. 17; § 1º Lei nº 9.985/00), as Reservas da Fauna (Art. 19; § 1º Lei nº 9.985/00) e as Reservas de Desenvolvimento sustentável (Art. 20; § 2º Lei nº 9.985/00), nas demais categorias de UC de uso sustentável é permitido à presença de propriedades privadas no interior da unidade, o que reduz significativamente os custos associados à sua criação.

É interessante observar que metade das UC de proteção integral localizadas nos estados de Sergipe e Alagoas, são geridas pelo governo federal (Figura 2.5 a e b). Novamente, isso deve ser um reflexo das dificuldades financeiras associadas à implementação de UC deste grupo, uma vez que os recursos financeiros disponíveis para a criação de UC são maiores na esfera federal, do que nas demais esferas de jurisdição.

Já as UC de uso sustentável são geridas, majoritariamente (46%), por particulares, ou seja, as Reserva Particular Patrimônio Natural - RPPN representam uma parcela significativa das unidades de uso sustentável nos estados analisados. O maior número de UC na região compreendida pela bacia Sergipe-Alagoas corresponde às unidades do grupo de Uso Sustentável RPPN e Área de Proteção Ambiental (Tabela 2.5), perfazendo 60,5% do total.

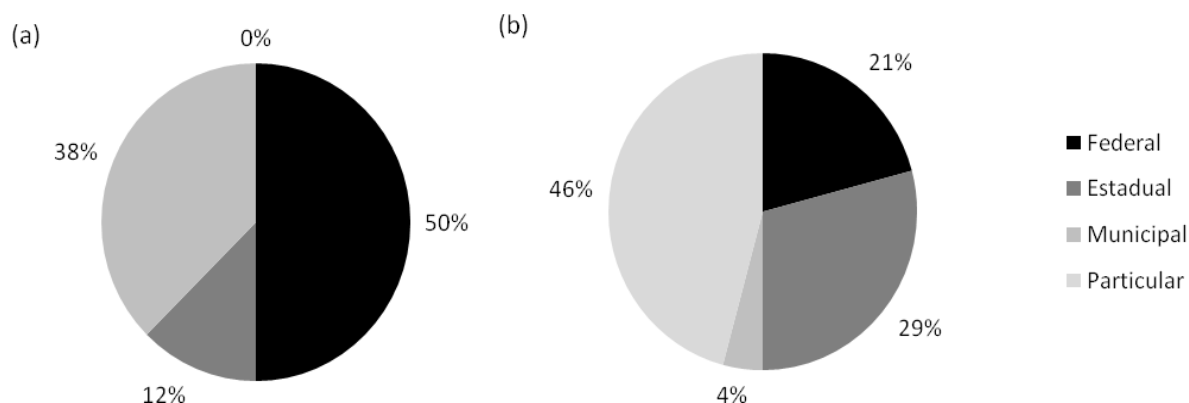


Figura 2.5 - Distribuição das UC dos estados de Sergipe e Alagoas, por esfera de jurisdição (a) UC de proteção integral; (b) UC de uso sustentável.

Tabela 2.5 - Classificação das UC de Sergipe e Alagoas, por categoria (classificação segundo o (SNUC).

Grupo	Categoria	SE n e %	AL n e %	Total n e %
Proteção Integral	Estação Ecológica		2 (8,3)	2 (5,3)
Proteção Integral	Parque Nacional	1 (7,1)		1 (2,6)
Proteção Integral	Refúgio de Vida Silvestre	1 (7,1)		1 (2,6)
Proteção Integral	Reserva Biológica	1 (7,1)		1 (2,6)
Uso sustentável	R. Particular Patrimônio Natural	3 (21,4)	9 (37,5)	12 (31,6)
Uso sustentável	Área de Proteção Ambiental	4 (28,6)	7 (29,2)	11 (28,9)
Uso sustentável	Floresta Nacional	1 (7,1)		1 (2,6)
Uso sustentável	Reserva Extrativista		1 (4,2)	1 (2,6)
Não enquadrado	Área de Proteção Permanente		1 (4,2)	1 (2,6)
Não enquadrado	Paisagem Natural Notável	1 (7,1)		1 (2,6)
Não enquadrado	Parque Ecológico	1 (7,1)		1 (2,6)
Não enquadrado	Parque Estadual	1 (7,1)		1 (2,6)
Não enquadrado	Parque Municipal		2 (8,3)	2 (5,3)
Não enquadrado	Reserva Ecológica		2 (8,3)	2 (5,3)

Os estados de Sergipe e Alagoas apresentam, em conjunto, cinco unidades de conservação não enquadradas nas categorias propostas pelo SNUC. De acordo com o Plano Estratégico Nacional de Áreas Protegidas - PNAP (Decreto Nº 5.758/2006) e o Art. 55 da Lei Federal Nº 9.985/00, todas “as unidades de conservação e áreas protegidas criadas com base nas legislações anteriores ao SNUC e que não pertençam às categorias previstas nesta Lei serão reavaliadas, no todo ou em parte, no prazo de até dois anos, com o objetivo de definir sua

destinação com base na categoria e função para as quais foram criadas, conforme o disposto no regulamento desta Lei”. Contudo, quatro anos após a implementação do PNAP e dez anos após a promulgação do SNUC, essas cinco unidades ainda não foram recategorizadas.

Considerando a Bacia Sedimentar de Sergipe e Alagoas a esfera estadual administra o maior número das 38 UC identificadas. No entanto, esse resultado se modifica quando analisado a Bacia Sedimentar de Alagoas separadamente, onde 38 % das UC está sob jurisdição particular (Tabela 2.6).

Tabela 2.6 - Classificação das UC da Bacia Sedimentar Sergipe-Alagoas, por esfera de jurisdição.

Esfera	SE n e %	AL n e %	Total n e %
Federal	4 (28,6)	6 (25,0)	10 (26,3)
Estadual	7 (50,0)	6 (25,0)	13 (34,2)
Municipal	1 (7,1)	3 (12,5)	4 (10,5)
Particular	2 (14,3)	9 (37,5)	11 (28,9)

Em termos de área as unidades federais de Alagoas respondem pela maior área protegida, em grande parte devido a uma única UC, a Área de Proteção Ambiental da Costa dos Corais, com 413.563 ha, representando 91,8% do total (Figura 2.6).

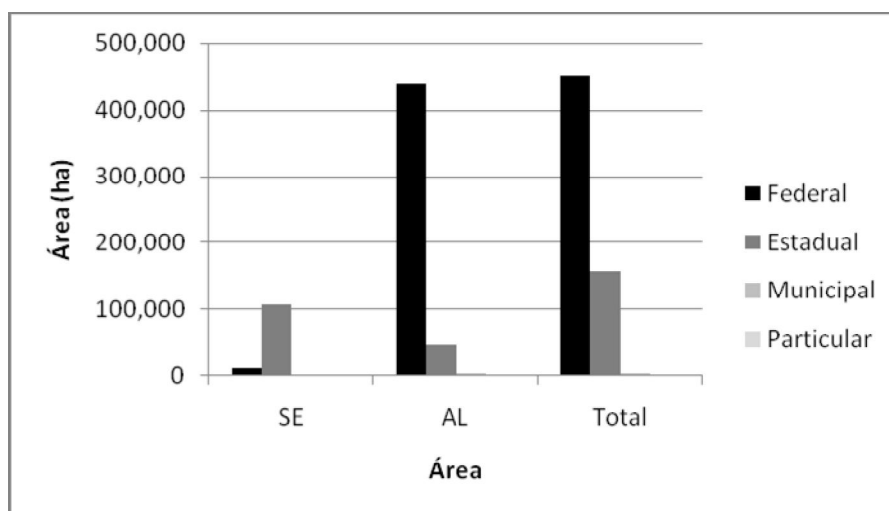


Figura 2.6 - Área total protegida em UC, por esfera de jurisdição.

Em Sergipe as unidades estaduais não só representam a maioria em número, mas também são as que protegem uma maior superfície territorial, 108.441,8 ha (93% da área em UC no estado). Deve-se ressaltar que nessa análise não pode ser computada a extensão territorial de três unidades sergipanas: a Área de Proteção Ambiental da Foz do Rio Vaza-Barris, a Paisagem Natural Notável e o Parque Estadual das Dunas, as duas primeiras em fase de recategorização e a última, em processo de criação.

Esses dados demonstram, por um lado, a equidade no número de unidades estaduais e federais, e, por outro, a pequena representatividade das UC sob jurisdição dos municípios, indicando, desta forma, a necessidade de fortalecimento do SNUC a nível municipal. Além disso, nota-se a existência de um grande número de UC particulares (RPPN), fato observado também a nível federal, uma vez que das 1.272 UC brasileiras, mais de 560 são RPPN (ICMBio, 2010).

Embora o estabelecimento de parques e reservas no Brasil seja considerado um fenômeno recente (FONSECA *et al.*, 1997), é importante destacar que 21, ou seja, 58,3% das UC de Sergipe e Alagoas inseridas na bacia sedimentar de mesmo nome foram criadas antes da implementação do SNUC. Como ao longo das décadas houve uma sensível mudança de enfoque nos objetivos de criação das UC brasileiras, passando da ênfase no valor estético e cultural para a conservação da biodiversidade nos modelos de produção sustentável (RAMOS *et al.*, 2003; BENSUSAN, 2006), as unidades mais antigas precisam, urgentemente, ser reavaliadas a fim de enquadrá-las nos novos objetivos propostos pelo SNUC.

Tendo sido analisadas somente as UC inseridas na Bacia Sedimentar Sergipe-Alagoas, coincidente em grande parte com o Bioma Atlântico, não é surpresa que esse tenha sido o bioma declarado predominante (Figura 2.8a). De fato, a maior parte das unidades levantadas (97,3 %) estão inseridas na área de domínio da Mata Atlântica, preservando remanescentes de formações florestais (Floresta Ombrófila, Floresta Estacional Semidecidual e Floresta Estacional Decidual) e ecossistemas associados (manguezais, restingas e matas ciliares) a este bioma. Dentre as unidades englobando o domínio atlântico, foram citadas unidades englobando áreas de restinga, manguezal e o ambiente marinho.

Apesar do número relativamente grande de UC inseridas na Mata Atlântica, a maior parte delas são pequenas e isoladas. Diante do alto grau de fragmentação

deste bioma nos estados amostrados, em Alagoas resta cerca de 4,5% da cobertura original (MENEZES *et al.*, 2004), e em Sergipe, menos de 1% (SANTOS e ANDRADE, 1992 *apud* GOMES, *et al.*, 2006), é extremamente necessária não só a criação de novas unidades, mas também a interligação das já existentes através da implantação de corredores ecológicos.

Com relação ao ambiente marinho, apesar de cobrirem 70% da superfície do planeta, como os danos causados aos mares e oceanos são, em geral, menos perceptíveis do que os que ocorrem no continente, a criação de UC neste bioma ainda não é uma prática muito comum (VICENTE, 2006). Em Sergipe, embora algumas unidades localizem-se no litoral, sua área legal abrange apenas o espaço terrestre. Já em Alagoas, a situação é um pouco melhor, duas unidades protegem exclusivamente este bioma e uma abrange uma porção continental e outra marinha.

Em conjunto, 12,3% do território dos estados de Sergipe e Alagoas encontram-se inseridos em áreas legalmente protegidas na região da Bacia Sedimentar Sergipe-Alagoas. Deste total, um percentual maior corresponde a UC de Uso Sustentável, padrão que se mantém nos dois estados.

II.5 CARACTERÍSTICAS SÓCIO-ECONÔMICAS DA REGIÃO COSTEIRA DE SERGIPE E ALAGOAS: ASPECTOS DEMOGRÁFICOS, ASPECTOS SÓCIO-ECONÔMICOS, PRINCIPAIS PROBLEMAS AMBIENTAIS

O crescimento populacional na capital e região metropolitana do estado de Sergipe ocorreu de forma acelerada e desordenada nas últimas décadas, levando ao surgimento de periferias sem a infraestrutura adequada de transportes, coleta de resíduos sólidos ou cobertura de rede de água e esgoto (WORLD BANK, 2011). Conseqüentemente, essas questões se refletem em problemas relacionados à gestão hídrica, com impactos significativos na qualidade ambiental dos recursos naturais e na saúde e segurança da população. Segundo Silva *et al.* (2010) o crescimento de áreas agrícolas e ocupações irregulares (principalmente em margens de rios e nos lagos das usinas hidrelétricas), o não cumprimento de leis ambientais e a destruição de matas ciliares ao longo do rio São Francisco geram preocupação no tocante à sustentabilidade dos recursos naturais ao longo do mesmo e que podem ser também identificados em diferentes graus de impacto em outras bacias hidrográficas que drenam na área de estudo, levando a alterações significativas das condições ambientais da zona costeira, incluindo a diminuição da pesca marítima.

A capital sergipana encontra-se, segundo a classificação do ano 2000 considerando o Índice de Desenvolvimento Humano de 5.507 municípios brasileiros, na posição 689 do ranking; considerando apenas a região Nordeste do Brasil (1.787 municípios), Aracaju apresenta-se na quinta posição, sendo atualmente responsável por cerca de 42% da riqueza gerada no Estado (WORLD BANK, 2011).

As atividades econômicas na área de estudo podem ser divididas em três categorias, representadas pelas atividades dos setores primário (agropecuário, pesca e mineração), secundário (indústria) e terciário (comércio e serviços). O comércio é muito incipiente na maioria dos municípios, sendo Aracaju o grande centro comercial da região, destacando-se também as feiras livres de Conde (BA) e Itaporanga D'Ajuda (SE) (IBGE, 2007). Em relação ao PIB, a maior parte da economia se baseia no setor de serviços que responde por 81% do Produto Interno Bruto (PIB) de Aracaju, seguido pelos setores industrial (19%), público

(15%) e agrícola (0,2%). Aracaju oferece ainda as atividades tecnologicamente mais avançadas e os serviços mais sofisticados do Estado, como as atividades de telecomunicações, informática, serviços especializados em saúde, educação e consultoria (WORLD BANK, 2011).

Segundo IBAM (2010) os municípios com atividade petrolífera no Leste Sergipano/Vale do Rio Japarutuba (como Japarutuba e Carmópolis) apresentam um PIB superior à média do Estado e um IDH relativamente alto para os padrões estaduais, porém condizentes com os demais municípios próximos ao núcleo metropolitano. Apesar de parecer uma consequência direta da atividade de exploração de óleo, não se pode afirmar que as melhores condições socioeconômicas dessas localidades decorram efetivamente da riqueza do petróleo. O indicador referente a taxa de alfabetização nos municípios do Estado, reforça a ocorrência de tendências de desigualdades intraestaduais e indica, particularmente, a situação mais favorável em relação à região polarizada pela capital (IBAM, 2010).

Em relação à agropecuária, de um total de aproximadamente R\$ 107 milhões da produção da área de estudo, 64% são oriundos do cultivo do coco-da-baía, 27% da laranja e os 9% restantes das outras lavouras permanentes, principalmente banana, maracujá e manga. Já o setor industrial se baseia nas atividades relacionadas à exploração de petróleo em terra e no mar (RAIS/MTE, 2006).

Dentre as atividades relacionadas ao lazer, destacam-se o turismo litorâneo e náutico, o turismo histórico-cultural e o ecoturismo. O chamado turismo de negócios é um setor em expansão na área de estudo, haja vista que o desenvolvimento econômico de áreas estratégicas como energia, mineração e agroindústria gera um fluxo constante de executivos e mão-de-obra especializada, além da realização de congressos, feiras e negócios (IBGE, 2001).

O Estado de Sergipe tem significativo potencial turístico, destacando-se os 163 km de praias pouco exploradas, com águas mornas e limpas (IBGE, 2001). Possui uma reconhecida diversidade de folclore, artesanato, manifestações religiosas, arquitetura e culinária, com destaque para o mercado Thales Ferraz, em Aracaju.

Entre as cidades costeiras sergipanas situadas fora do eixo da capital, Estância destaca-se como uma das mais antigas de Sergipe, tendo sido fundada em 1621. Possui rico acervo de monumentos e seu centro histórico pode ser

considerado como um dos três mais importantes do Estado. Localiza-se a 65 km da capital e seu forró é um atrativo internacionalmente conhecido pelas atrações dos busca-pés, pisa-pólvoras, barcos de fogo, batuques e sambas de coco, destacando-se a festa de São João, uma das mais procuradas no nordeste (IBGE, 2001).

Já o turismo de negócios é concentrado em Aracaju, sendo impulsionado principalmente pela indústria petrolífera. Os municípios do sul de Aracaju (São Cristóvão, Itaporanga D'Ajuda, Estância, Santa Luzia do Itanhy, Indiaroba e Jandaíra) são os que apresentam as melhores condições de acesso e serviços, mas é também em Aracaju onde se verifica a melhor infraestrutura hoteleira, com 71% dos meios de hospedagem do Estado, e onde se localizam as operadoras e agências de viagens (IBGE, 2001).

Em relação ao Estado de Alagoas, nota-se que a agricultura da cana-de-açúcar continua sendo de grande importância tendo apresentado crescimento de 14,1% no segundo semestre de 2011 mesmo com o final da entressafra (SEPLANDE, 2012). No setor industrial, apresentou em 2011 um crescimento positivo justificado pelo setor sucroenergético, que cresceu 10,86% e sustentou a queda nos demais setores industriais alagoanos (SEPLANDE, 2012). Em relação ao setor turístico, importante gerador de emprego e renda em Alagoas, verificou-se a já perceptível tendência no crescimento dos voos nacionais (9,03% no ano de 2011), diminuição de turistas oriundos de cruzeiros marítimos (-1,60%) e diminuição no efetivo de turistas internacionais (-49,60%). Em relação ao fluxo de entrada de turistas por região, a área sul de Alagoas apresentou a terceira média mais baixa do Estado entre os anos de 2010 e 2011 (5.345 pessoas) (SEPLANDE, 2012). O mercado de trabalho apresentou recorde no número de contratações em alguns Estados nordestinos, caso de Alagoas que aumentou em mais de 20.000 os postos de trabalho tendo sido a indústria de construção civil e o comércio varejista os principais responsáveis pela alta do setor (SEPLANDE, 2012).