3.1.1 CARACTERIZAÇÃO CLIMÁTICA E METEOROLÓGICA

Neste item são apresentadas as características climáticas e meteorológicas da área de estudo. Inicialmente são descritas as características de clima da região, juntamente com a descrição dos fenômenos de grande escala mais importantes para o entendimento meteorológico regional. Na sequência são apresentadas as características meteorológicas da área de estudo. Ao final é apresentada uma síntese da caracterização realizada, juntamente com as principais características relevantes para tomadas de decisão e gestão da ARIEG.

3.1.1.1 O CLIMA NA ÁREA DE ESTUDO

O clima pode ser entendido como as condições atmosféricas médias em uma determinada região. Ele influencia diretamente a maioria das atividades humanas, em especial a agricultura e abastecimento urbano, condicionados principalmente pela disponibilidade hídrica regional.

Uma das maneiras de se classificar o clima de uma região é através dos sistemas de classificações climáticas (SCC), que levam em consideração vários elementos climáticos ao mesmo tempo, facilitando a troca de informações e análises posteriores para diferentes objetivos.

Um dos SCC mais abrangentes é o de *Köppen* (KÖPPEN & GEIGER, 1928) que, partindo do pressuposto que a vegetação natural é a melhor expressão do clima de uma região, desenvolveu um SCC ainda hoje largamente utilizado, em sua forma original ou com modificações. As modificações propostas estão relacionadas aos limites térmicos/hídricos dos tipos de climas determinados para diferentes regiões e, no Brasil, Setzer (1966) simplificou o método de Trewartha (1954) para determinar os tipos climáticos que ocorrem no Estado de São Paulo. Para este autor, a classificação dos municípios que compõem nas imediações da ARIEG – Ilha Comprida, Cananéia e Iguape - é ***Am***. Já para CEPAGRI (2016), que classifica o clima dos municípios do estado de São Paulo com o uso de estações meteorológicas, a classificação climática proposta para estes municípios é de ***Af***:

O **Quadro 3.1.1.1-1** mostra as principais características de classificação do clima ***Af*** - clima tropical, sem estação seca.

Quadro 3.1.1.1-1 – Características das classificações climáticas propostas para os municípios da ARIEG. Fonte: modificado de Rolim *et al. (*2007)

Temperaturas médias		Pluviosidades médias	Descrição do clima	Classificação Climática
Mês mais quente	Mês mais frio	Mês mais seco		
>22 °C	>=18 °C	>= 60 mm	Tropical, sem estação seca	Af

As variações de pluviosidade e temperaturas que compõem as classificações para o clima da área de estudo são resultantes da dinâmica atmosférica de grande escala sobre a América do Sul, destacando-se a Alta Subtropical do Atlântico Sul (ASAS) e sistemas transientes, como sistemas frontais e a Zona de Convergência do Atlântico Sul (ZCAS).

Como o próprio nome indica, a ASAS se localiza sobre o oceano Atlântico Sul e tem sua circulação caracterizada, nos baixos níveis da atmosfera, pelo giro anti-horário do vento em torno do seu núcleo de alta pressão. Desta forma, o vento que atinge o litoral de São Paulo possui direções predominantes de quadrante nordeste, por situar-se a sudoeste do centro deste sistema - Erro! Fonte de referência não encontrada.. A sazonalidade da ASAS é acoplada à da Zona de Convergência Intertropical (ZCIT), com um deslocamento levemente para norte no verão e para sul no inverno. Além disso, durante o verão o centro da ASAS se aproxima mais do continente sul-americano, conforme pode-se observar na Erro! Fonte de referência não encontrada..

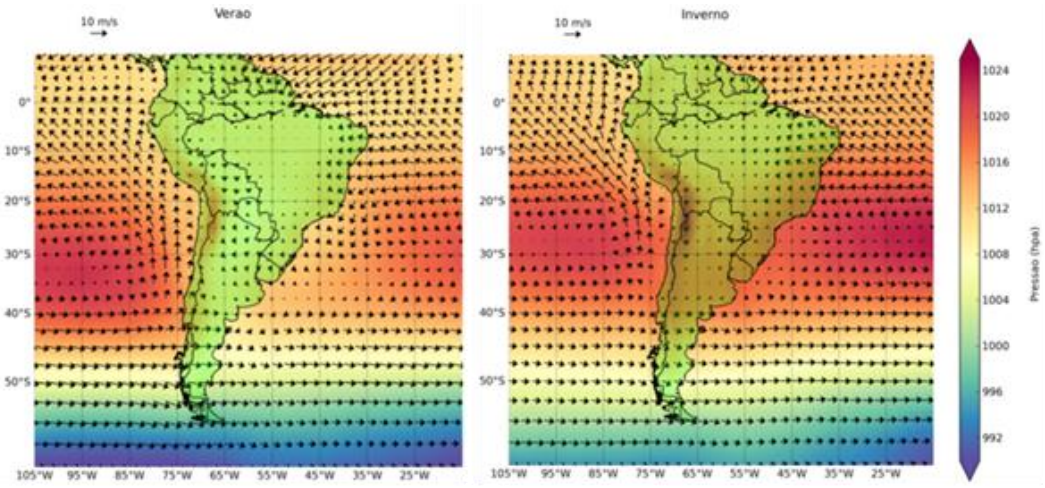

Figura 3.1.1.1-1 - Padrões climatológicos da circulação dos ventos (vetores) e da pressão atmosférica (cores) na América do Sul nos meses de verão (dez-jan-fev, painel da esquerda) e de inverno (jun-jul-ago, painel da direita). Fonte de dados: NCEP DOE/AMIP II - 1983-2010.

Segundo Castro (1996), sobre a região oceânica sudeste do Brasil os sistemas frontais (frentes frias) caracterizam-se como sendo a principal perturbação meteorológica que alteram este vento médio de grande escala. O deslocamento de sistemas frontais está associado ao escoamento de grande escala na atmosfera, transportando massas de ar polares[1] em direção aos trópicos. Na América do Sul, a região localizada entre os dois anticiclones subtropicais[2] (região Centro-Sul do continente) é altamente frontogenética[3]. Já as regiões Nordeste do Brasil e Norte do Chile são favoráveis à frontólise[4] (REBOITE *et al*., 2009). Ou seja, na América do Sul existe uma tendência de se formarem frentes frias na porção centro sul do continental, e estas se dissiparem na porção norte, tanto na costa Brasileira quanto na costa Chilena.

Destacando as frentes frias que passam pelo litoral brasileiro, estas são, tipicamente, configuradas na direção noroeste-sudeste e apresentam trajetória de sudoeste para nordeste (RODRIGUES *et al.*, 2004). Uma vez que nesta região o vento em baixos níveis da atmosfera tem direção predominante de nordeste

[1] Massas de ar polares: massas de ar que são formadas na região dos polos.
[2] Anticiclones subtropicais: sistemas atmosféricos de grande escala, localizado em posições subtropicais, onde os ventos giram no sentido anti-horário.
[3] Região frontogenética: região propícia para a formação de frentes frias.
[4] Regiões de frontólise: regiões favoráveis ao desaparecimento de frentes frias.

(devido à influência da ASAS), em situação pré-frontal[5] este torna-se tipicamente de noroeste e à medida que a frente se desloca ele gira de sudoeste e sudeste (CAVALCANTI *et al.*, 2009). A sazonalidade na ocorrência de passagens de frentes frias aponta maior frequência de sistemas entre maio a setembro e menor frequência durante o verão (CAVALCANTI *et al.*, 2009). Gregório (2014) fez um extenso estudo sobre as frentes frias que passam sobre a Plataforma Continental Sudeste do Brasil e verificou que nos meses de inverno ocorre, em média, a passagem de três frentes frias por mês, enquanto que para os meses de verão este valor é de uma frente fria por mês.

As alterações dos ventos e da pressão atmosférica durante a passagem de uma frente fria sobre a área de estudo podem ser exemplificadas pelo evento que atingiu a região Sul-Sudeste do Brasil entre os dias 24 e 27 de setembro de 2005. Na **Figura 3.1.1.1-2**Erro! Fonte de referência não encontrada. pode-se observar a evolução temporal e espacial da frente fria (de 23 de setembro a 27 de setembro de 2005) por meio de imagens de satélite. Já a perturbação no campo de ventos e de pressão pode ser vista na **Figura 3.1.1.1-3**Erro! Fonte de referência não encontrada.. Para a região Sudeste do Brasil a evolução do campo de ventos e pressão mostra que antes da passagem da frente fria o vento é de origem nordeste – característico da ASAS - Erro! Fonte de referência não encontrada.**a** e Erro! Fonte de referência não encontrada.**b**. Em situação pré-frontal o vento diminui de intensidade juntamente com a pressão - Erro! Fonte de referência não encontrada.**c**. Quando a pressão atinge o mínimo, os ventos mudam de direção, agora vindos de sul – este momento indica que a frente fria está passando sobre a região - Erro! Fonte de referência não encontrada.**d**. O vento de sul permanece na região por alguns dias e gradativamente a pressão atmosférica volta a subir e os ventos voltam para o seu sentido original – de nordeste - Erro! Fonte de referência não encontrada.**f**.

[5] Situação pré-frontal: momentos anteriores a passagem de uma frente fria por uma região.

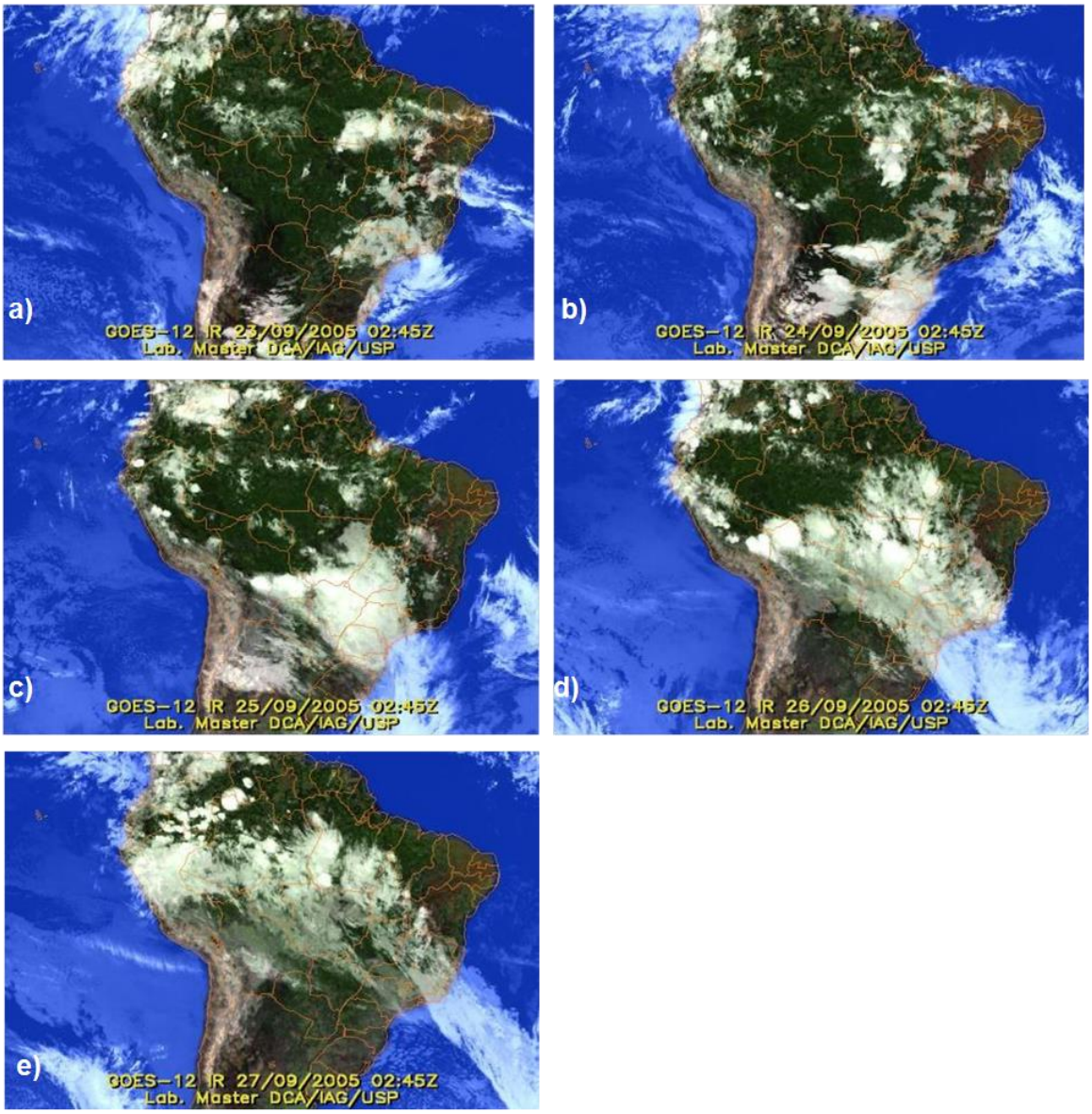

Figura 3.1.1.1-2 - Evolução temporal e espacial da passagem de uma frente fria pelo sudeste brasileiro. Imagens do Satélite Goes-12. (a) referente ao dia 23/09/2005 02:45z, (b) 24/09/2005 02:45z, (c) 25/09/2005 02:45z, (d) 26/09/2005 02:45z; (e) 27/09/2005 02:45z. Fonte de imagens: http://www.master.iag.usp.br.

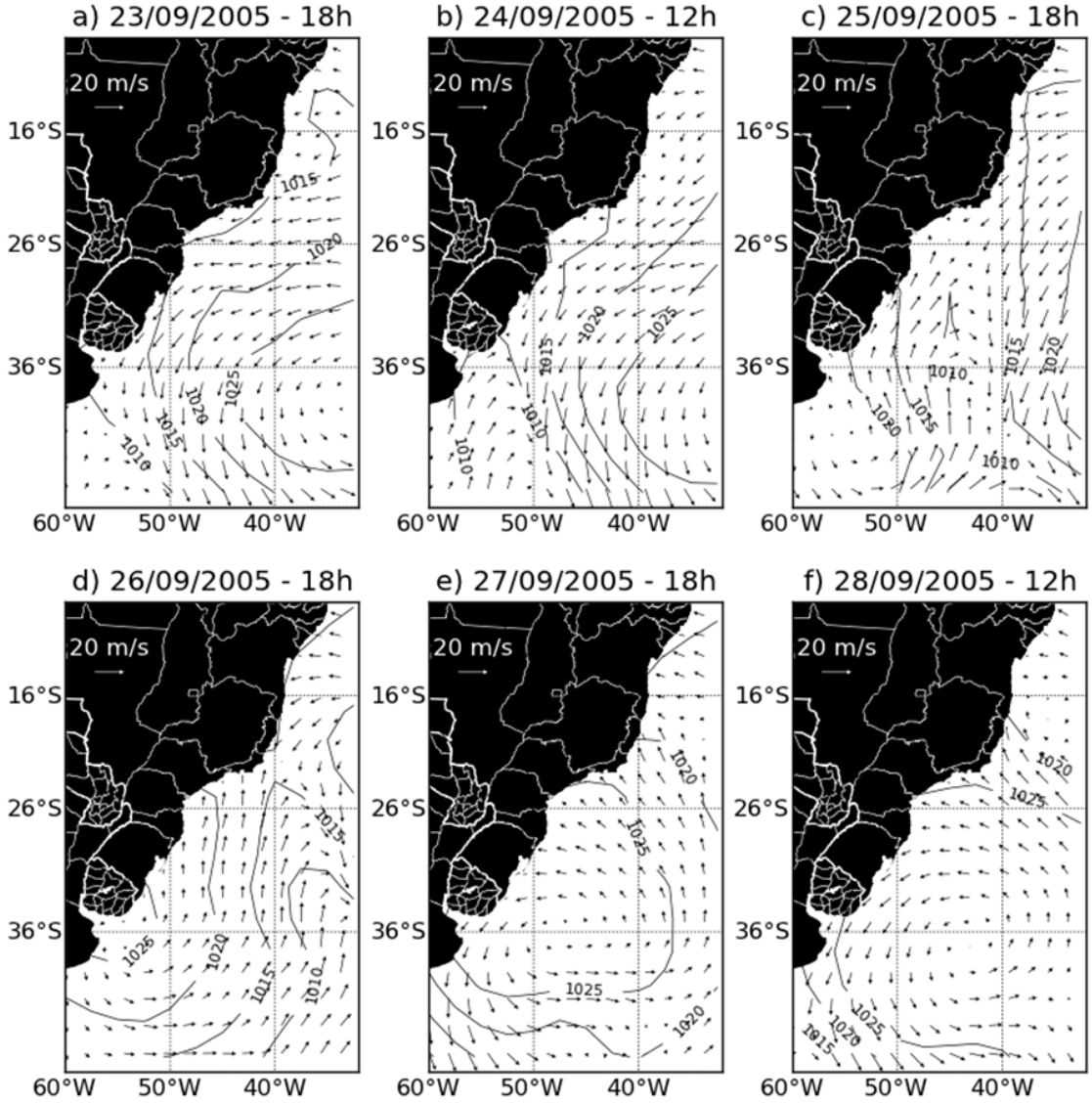

Figura 3.1.1.1-3 - Campo de ventos (vetores) e pressão (isóbaras - hPa) no mês de setembro de 2005. O painel a) é referente ao dia 23/09/2005 18h, b) 24/09/2005 12h, c) 25/09/2005 18h, d) 26/09/2005 12h; e) 27/09/2005 18h. Fonte de dados: NCEP DOE/AMIP II.

Já a ZCAS é um sistema típico do período de verão, definida como sendo uma persistente faixa de nebulosidade que pode durar vários dias - em média mais de quatro - orientada no sentido noroeste-sudeste que se estende desde o sul da Amazônia até o Atlântico Sul (SILVA DIAS, 1997) - Erro! Fonte de referência não encontrada.. A principal consequência da presença da ZCAS é a alteração no regime de chuvas das regiões afetadas (SILVA DIAS, 1991). Autores como Quadro (1994) mostram que a região Sudeste do Brasil é a mais afetada pela presença da ZCAS, em termos de forte e persistente precipitação. Carvalho *et al. (*2004) também mostraram que a ocorrência de alguns eventos de precipitação extrema (eventos com chuva diária maior que 16% do esperado para o mês) no estado de São Paulo estão relacionados à presença da ZCAS. Em anos chuvosos (anomalias positivas) ou em anos de seca

(anomalias negativas), algumas regiões são afetadas ocasionando transtornos à população, afetando a estrutura física, política e econômica dessas regiões (PARMEZANI *et al.,* 1998). Alguns destes casos de anomalias de precipitação, podem estar associados a ocorrências de El Niño (CASARIN & KOUSKY, 1986) e La Niña. Parmezani *et al. (*1998) mostraram que entre os meses de outubro-março, com a presença de El-Niño, observam-se anomalias positivas[6] de precipitação sobre o sudeste do estado de São Paulo e sudoeste do Oceano Atlântico Sul, provavelmente em função de um deslocamento para sul da posição média da ZCAS. Durante o período abril-setembro e na presença de El-Niño ocorre um pequeno aumento na precipitação sobre a região das ZCAS, estando a maior parte desta região praticamente sobre o regime normal de precipitação. Durante o período outubro-março, na presença de La-Niña, sobre a região da ZCAS não se apresentam desvios consideráveis em relação à média, mas são observadas anomalias negativas[7] de precipitação em outras regiões, como o sul do Brasil.

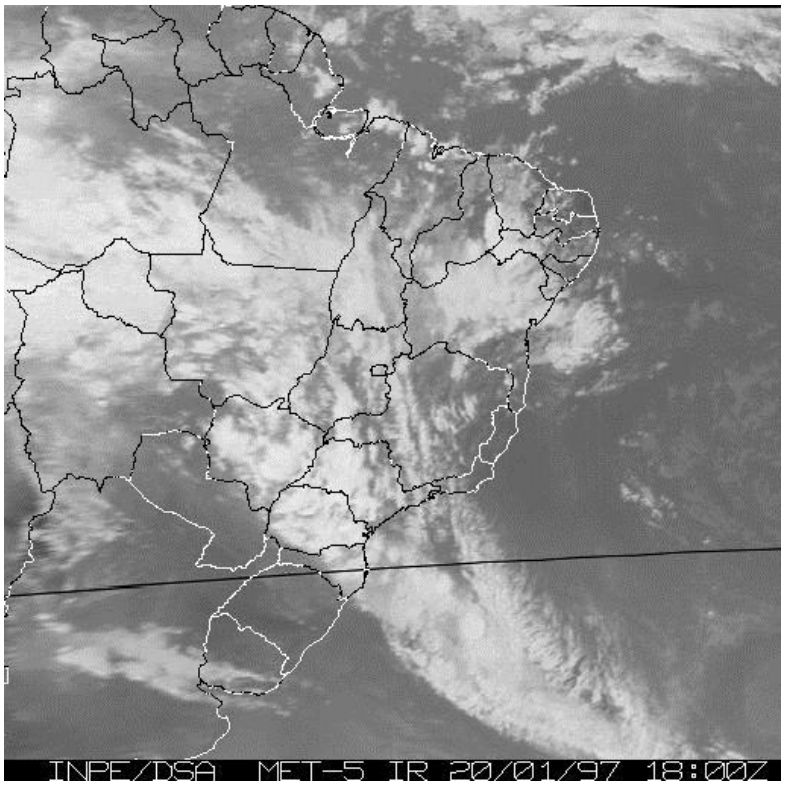

Figura 3.1.1.1-4 – Imagem de satélite mostrando a formação da Zona de Convergência do Atlântico Sul – ZCAS desde a Amazônia até o Oceano Atlântico Sul, na direção noroeste-sudeste ocupando a área da ARIEG. Fonte: http://www.cptec.inpe.br/satelite

No ponto de vista da mesoescala[8], destacam-se sobre a área de estudo as brisas marítima e terrestre. Estes fenômenos são gerados pelo aquecimento diferencial entre o oceano e o continente – que ocorre principalmente em dias de pouca nebulosidade. Durante o dia o continente se aquece de forma mais rápida que a água do oceano (seta 6 do painel esquerdo da Erro! Fonte de referência não encontrada.),

[6] Anomalias positivas: valores superiores à média histórica.
[7] Anomalias negativas: valores inferiores à média histórica.
[8] Mesoescala: fenômenos atmosféricos de escala intermediária, da ordem de dezenas de quilômetros.

provocando uma diferença de pressão atmosférica entre ambos. Esta diferença de pressão provoca o deslocamento do ar da maior pressão para a menor pressão, fazendo que sobre o oceano ocorra deslocamento de ar em direção ao continente, a chamada brisa marítima (setas7 do painel da esquerda na Erro! Fonte de referência não encontrada.). À noite, a terra se resfria mais rapidamente que o oceano, provocando uma circulação atmosférica em sentido oposto, a chamada brisa terrestre (painel da direita da Erro! Fonte de referência não encontrada.). Nesse contexto quanto maior o contraste entre as temperaturas do ar sobre a terra e do ar sobre o oceano, mais intensos são os ventos. À noite, o contraste de temperatura é geralmente menor do que durante o dia; assim, a brisa terrestre é mais fraca do que a brisa marítima. Pelo mesmo motivo, a brisa marítima tende a ser mais intensa durante o verão do que durante o inverno. Tais brisas garantem às áreas litorâneas o aumento da umidade relativa do ar e redução da oscilação térmica.

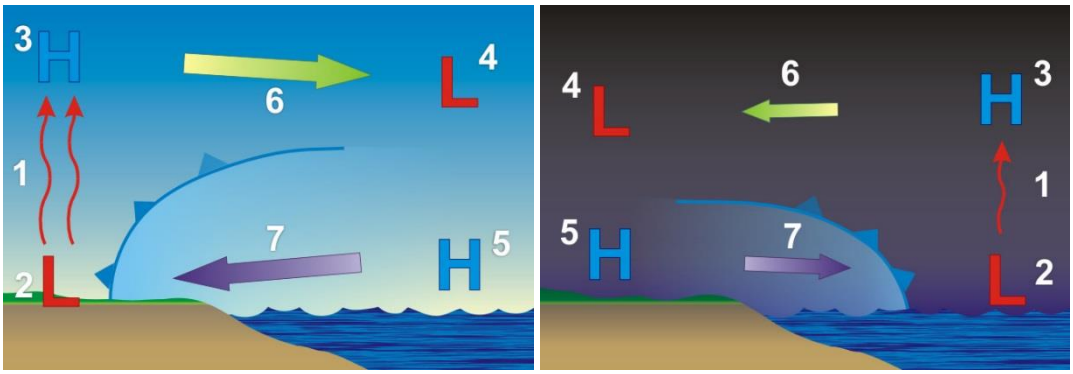

Figura 3.1.1.1-5 – Brisa marítima (esquerda) e brisa terrestre (direita). A letra L indica regiões de baixa pressão atmosférica e, H, alta pressão atmosférica. Fonte de dados: NOAA (2016).

Outro fenômeno de mesoescala que ocorre nas regiões continentais e costeiras são os Complexos Convectivos de Mesoescala, denominados pela sigla CCM. Segundo Cavalcanti *et al. (*2009) a sua gênese ocorre no final da tarde e início da noite com a formação de células convectivas[9], podendo sofrer influência de efeitos locais como topografia e fontes de calor localizadas neste estágio; seu estágio maduro se caracteriza por fortes chuvas localizadas, com a dissipação ocorrendo em seguida.

Em microescala[10] um fenômeno menos conhecido e que tem registros incertos e pouco frequentes na região de estudo são as trombas d'água. A tromba d'água é um fenômeno meteorológico semelhante ao tornado, que se forma sobre uma superfície líquida, captura umidade e tem um curto ciclo de vida da ordem de alguns minutos, e está associada a ventos em média de 30 nós – aproximadamente 55,5 km/h ou 15,4 m/s (GOLDEN, 1974). Consiste na formação de um vórtice intenso, visível sob a forma de uma nuvem colunar, com forma de funil estreito, que gira rapidamente em volta de si mesma, ligando a superfície da água à base de uma nuvem cumuliforme[11]. Embora tenha um aspecto de um tornado, os danos causados pelas trombas d'água não costumam ser grandes em virtude dos ventos associados. Do

[9] Células convectivas: movimentos de ar da superfície para a atmosfera, e da atmosfera para a superfície, em forma de célula.
[10] Microescala: fenômenos atmosféricos de pequena escala, da ordem de no máximo centenas de metros.
[11] Nuvem cumuliforme: nuvem de tempestade.

ponto de vista observacional, não há uma estatística oficial da ocorrência das trombas d'água, apenas alguns relatos e fotos da incidência destes fenômenos na região costeira do Estado de São Paulo.

3.1.1.1.1 Elementos climáticos e meteorológicos e regimes de chuvas

A zona costeira paulista é caracterizada por uma área com chuvas anuais abundantes. De acordo com SIGRH (2008) a partir de séries temporais de 1890-1977, a precipitação média anual foi de 1.645 mm a partir do registro da estação meteorológica de Iguape. Na parte sul da Ilha Comprida, Silva (1984), registrou pluviosidade média anual de 2.269 mm, com base no registro da base do IOUSP a partir de séries temporais entre 1956 e 1980.

É uma região com altos montantes pluviais diários, tanto em episódios isolados, quanto eventos com duração de dias, com potencialidade para causar grandes impactos.

Diversos autores têm destacado que o relevo atua como importante fator de intensificação orográfica (MONTEIRO, 1973; CONTI, 1975; NIMER, 1989; NUNES, 1990; SANT'ANNA NETO, 1990; BLANCO, 1999) que aliado à posição geográfica de zona de transição entre sistemas atmosféricos tropicais e subtropicais resulta em uma dinâmica de altos montantes pluviais, que chegam a 4.000 mm anuais.

Há também a influência de sistemas de escala regional e local que também contribuem para a elevada pluviosidade, tais como a influência da penetração de sistemas frontais, a atuação da Zona de Convergência do Atlântico Sul (ZCAS) e as condições de oscilações de El Niño e La Niña associadas aos eventos pluviais que deflagraram impactos (KAYANO; MOURA, 1986; CONTI; FURLAN, 2003, CAVALCANTI; KOUSKY, 2009; ROCHA; GANDU, 1996; CARVALHO et al., 2004; SOUSA et al., 2007, ROSEGHINI, 2007).

3.1.1.1.2 Mudanças climáticas e eventos climáticos extremos na região costeira

No que diz respeito às mudanças climáticas, a maior concentração de CO_2 na atmosfera e alterações nos gradientes térmicos espaciais influenciam no aumento no valor médio global da temperatura (ainda que seja mínimo), resultando em mudanças drásticas nos regimes de ventos, de chuvas e de outras trocas de propriedades entre o oceano e a atmosfera. No oceano, o efeito combinado dessas mudanças pode modificar significativamente o sistema de correntes e as propriedades físicas e químicas, impactando significativamente os ecossistemas marinhos. Consequentemente, estes impactos geram alterações nas propriedades das massas de água e na circulação oceânica, causando mudanças duradouras, ou até mesmo permanentes, no sistema climático (CAMPOS, 2014; IPCC, 2014).

Segundo o quinto relatório do Painel Intergovernamental sobre as Mudanças Climáticas (IPCC, 2014), o CO_2, incluindo o histórico de emissões passadas, poderia ser responsável (1) pelo aquecimento do clima e consequências experimentadas até o momento, e (2) pela acidificação dos oceanos, uma vez que os oceanos exercem importante papel de regulação do clima, absorvendo cerca de 30% do CO_2 antropogênico lançado na atmosfera (SIEGENTHALER & SARMIENTO, 1993; SABINE *et al*., 2004; FEELY *et al*., 2004; TURLEY & GATTUSO, 2012), com consequências negativas para o ambiente marinho. Uma das implicações importantes da mudança de acidez nos oceanos se relaciona com o fato de que muitos organismos marinhos fotossintéticos, tais como os corais, formam seu tecido a partir de carbonato de cálcio ($CaCO_3$), ao qual é extremamente sensível à acidez dos oceanos (ROYAL SOCIETY, 2005; IPCC, 2014).

Todavia, há outros efeitos das mudanças climáticas sobre os oceanos e seus ecossistemas, tais como a influência sobre a salinidade e temperatura, que alteram o ciclo de vida de diversos organismos marinhos (ROYAL SOCIETY, 2005; UNEP, 2010; BOLLA Jr., 2014; IPCC, 2007; 2014; TURLEY & GATTUSO, 2012; CAMPOS, 2014), comprometendo os ecossistemas marinhos e a população que vive direta ou indiretamente dos recursos pesqueiros.

O período entre 2001-2010 tem sido considerado a década dos eventos climáticos extremos, não apenas pelas ondas de calor, mas também pelo aumento de precipitações (COUMOU & RAHMSTORF, 2012; WMO, 2013), exigindo ações mais rápidas e eficazes para reduzir os problemas associados a essas mudanças climáticas e ambientais.

Entre os diversos efeitos das mudanças climáticas, pode-se destacar aqueles associados ao aumento do nível médio dos oceanos e a maior frequência e intensidade de eventos climáticos extremos, muitas vezes trazendo como consequência variações dos níveis das marés, riscos de inundações, enchentes, alagamentos e deslizamentos (IPCC, 2007; 2012), além de riscos para os sistemas biológicos e a segurança alimentar (ROSENZWEIG *et al*., 2008; THORNTON *et al*., 2014). Além disso, em zonas costeiras de baixa altitude – *Low Elevation Coastal Zones (LECZ)*, áreas contíguas ao longo da costa com menos de dez metros acima do nível do mar - residem cerca de 10% da população mundial e 13% da população urbana mundial (McGRANAHAN *et al*., 2007).

Embora haja incertezas no contexto de mudanças climáticas (ver GIDDENS, 2010), é importante considerar ações mais urgentes para evitar os efeitos dessas mudanças (HOGAN, 2009; GIDDENS, 2010) que tendem a se acentuar à medida que os impactos associados aos eventos climáticos extremos se tornem mais visíveis e frequentes.

Há uma série de instrumentos de gestão regional e local que podem contribuir para amenizar os efeitos das mudanças climáticas sobre o território da ARIEG, tais como Planos Diretores, Planos Municipais de Redução de Riscos, bem como o plano de manejo da APA Ilha Comprida. São ações que podem direcionar esforços para garantir que sejam limitadas a descarga de poluentes, expansão urbana, a erosão costeira e a qualidade da água seja monitorada, buscando um equilíbrio para os ecossistemas aquáticos. Todavia, este esforço requer ações locais, regionais em consonância com ações globais, uma vez que as mudanças climáticas e seus possíveis impactos na zona costeira são de magnitude global (TURLEY & GATTUSO, 2012; ONU, 2012; IPCC, 2014).

Destaca-se a necessidade de (a) ampliar estudos sobre acidificação dos oceanos, a fim de obter melhor conhecimento sobre a dinâmica e interação oceano-atmosfera; (b) apesar de existirem diversos modelos climáticos para América do Sul (SOLMAN *et al*., 2013; CHOU *et al*., 2014; SÁNCHEZ *et al*., 2015), ainda é preciso ampliar os estudos sobre modelagens e previsões em nível regional e local com impactos socioeconômicos e ambientais; (c) ampliar estudos sobre os impactos das mudanças climáticas na pesca e aquicultura, bem como uma melhor compreensão dos impactos nos ecossistemas que servem como importantes locais de reprodução de organismos.

3.1.1.1.3 Processo de urbanização e ocupação na zona costeira no cenário de mudanças climáticas

Satterthwaite et al. (2009), utilizando dados estatísticos das Nações Unidas, observaram um aumento gradual de populações urbanas no mundo, mostrando que 13,5% da população na América Latina e Caribe é urbana (em 2010). No Brasil, dados da Contagem 2007 (IBGE, 2010a) indicam que

aproximadamente 43 milhões de habitantes (18% da população total) residem na zona costeira, onde se localizam dezesseis das 28 regiões metropolitanas brasileiras (MMA, 2008). Nos municípios da zona costeira, em 2007, aproximadamente 70% da população residia em municípios com sede em altitudes inferiores a vinte metros; 16,77%, em cidades com altitudes entre zero e dois metros – especialmente no Rio de Janeiro e Santos (CARMO; SILVA, 2009). Em 2010, 45,6% dos municípios costeiros no Brasil apresentaram urbanização maior do que 80% (enquanto em outros municípios foi de 27,2%), e quase um quarto (24,6%) da população brasileira se concentrava em zonas costeiras (IBGE, 2011).

O processo de urbanização no Brasil tem se caracterizado por problemas recorrentes: ocupações irregulares em encostas ou nas margens dos corpos de água; precariedade de abastecimento de água potável e de saneamento básico, desigualdade ao acesso de bens de serviços públicos, entre outros elementos indicativos de inadequação e de má distribuição dos serviços e da infraestrutura no meio urbano (MORAES, 2007; CARMO; SILVA, 2009; CARMO, 2014).

Tais problemas, somados à falta de um controle sobre o uso e a ocupação do solo e menos ainda à oferta (por parte do Estado) de alternativas habitacionais legais, às ocupações irregulares ou favelas (BONDUKI; ROLNIK, 1982; MARICATO, 1996; 2011) e ao cenário de aumento da intensidade e frequência de eventos climáticos extremos, tendem a acentuar as situações de riscos e vulnerabilidade em áreas litorâneas (HOGAN, 2001; HUQ et al., 2007; CARMO; SILVA, 2009; CARMO et al., 2012; NEVES; MUEHE, 2008; NICOLODI; PETERMANN, 2010).

A realidade de muitas cidades brasileiras indica situações de pessoas localizadas em áreas de potenciais riscos de escorregamento ou de inundação. Embora esse processo seja algumas vezes independente dos efeitos das alterações climáticas, as mudanças climáticas têm aumentado o nível de risco e o número de pessoas em risco (HUQ *et al*., 2007; UN-HABITAT, 2011). A mudança climática pode dar ênfase e ampliar os problemas antigos, associados com a vulnerabilidade social, a pobreza, as pessoas que carecem de serviços básicos, e as ações para reduzir os impactos devem ser realizadas.

Analisando em termos de políticas de gestão de riscos de desastre no contexto brasileiro, os resultados do IBGE (2014) sobre o perfil dos municípios brasileiros indicam que 66,9% dos municípios não possuíam nenhuma medida ou instrumento de gerenciamento de risco de desastres decorrentes de enchentes, inundações graduais, enxurradas ou inundações bruscas. E 78,9% não dispunham de qualquer medida ou instrumento de gerenciamento de risco de desastres decorrentes de escorregamentos ou deslizamentos de encostas (IBGE, 2014, p. 105).

Todavia, em um olhar mais aprofundado para a região de estudo – zona costeira de São Paulo, em específico a UGRHi-11 na porção do Litoral Sul, observam-se perspectivas positivas na busca de integração e articulação de diferentes instrumentos de gestão nos últimos dez anos, com perspectivas de médio a longo prazo, tais como a Política Nacional de Proteção e de Defesa Civil (PNPDC)[12], Política Nacional de Mudanças Climáticas[13], Programa Estadual para Prevenção e Redução de Riscos Geológicos

[12] Lei federal (n°. 12608/2012) - Ações de prevenção, mitigação, preparação, resposta e recuperação para proteger civis, integrando as políticas públicas de ordenamento do território, a saúde, o ambiente, as alterações climáticas para promover um desenvolvimento sustentável.

[13] Lei federal (n°. 12187/2009.) - Orientações para a adaptação: iniciativas e medidas para reduzir a vulnerabilidade dos sistemas naturais e humanos para efeitos esperados da mudança do clima

(PDN)[14], Política Estadual de Mudanças Climáticas[15], ou iniciativas de ação em nível municipal, tais como os Planos Preventivos de Defesa Civil e planos de contingência (PPDC), os mapeamentos de riscos geológicos e Plano Municipal de Redução de Riscos (PMRR).

Estes instrumentos, podem e devem dialogar com os assuntos na interface terrestre e marinha, uma vez que é um território construído e marcado por conflitos recorrentes de uso de recursos naturais, ainda que estes conflitos (sobretudo no meio terrestre), estejam para além da governabilidade do território marinho. É conhecido uma série de desafios desta gestão integrada, tais como um nível ainda incipiente da capacidade de mobilização e do envolvimento da sociedade, ou de ações de licenciamento e fiscalização em que predominam a desarticulação e os conflitos de competência, bem como à falta de quadros técnicos capacitados para a realização das tarefas necessárias à gestão nos vários níveis de governo (VIVACQUA *et al.*, 2009; MOURA, 2016)

Entretanto, mesmo com estes desafios, o processo de ocupação no território do Litoral Sul tem influência sobre o território da ARIEG – ainda que seja um processo menos intenso quando comparado à grandes metrópoles, tais como as regiões metropolitanas da Baixada Santista ou do Rio de Janeiro –, e se não for tratado de maneira integrada com outras políticas públicas de gerenciamento costeiro, principalmente em bacias hidrográficas com elevado grau de ocupação, podem acarretar em efeitos como degradação de praias, assoreamento de rios, aumento de focos de poluição com impactos sobre o ambiente marinho. Essa degradação ou tipo de pressão sobre o ambiente marinho pode afetar os ecossistemas e as populações que vivem e sobrevivem de recursos naturais e pesqueiros deste território. Em alguns casos, pode ocorrer o efeito sinérgico de alguns elementos como metais pesados, promovendo o aumento de suas concentrações e tornando a qualidade da água imprópria para os usos previstos.

3.1.1.2 CARACTERIZAÇÃO DOS PARÂMETROS METEOROLÓGICOS

Os itens na sequência apresentam as características meteorológicas de dados obtidos sobre a área de estudo, conforme apresentado no item **2. Metodologia**. São apresentadas na sequência as análises de temperatura, umidade relativa, pressão atmosférica, precipitação e ventos. Para os ventos, além da descrição básica, também foi realizada a análise de eventos extremos.

3.1.1.2.1 Temperatura

A estatística básica para os dados de temperatura obtidos para a área de estudo, estão dispostos na **Tabela 3.1.1.2.1-1** e Erro! Fonte de referência não encontrada.. Estes dados mostram a variação da temperatura de acordo com as estações do ano, com maiores valores nos meses de verão e outono, seguidos por primavera e inverno.

---

[14] Decreto Estadual (n°. 57512/2011) - Ações para definir áreas prioritárias de deslizamento de terra, inundações, erosão e perigo de aluimento de terras para o mapeamento de áreas de riscos no estado de São Paulo; estratégias de uso da terra e planejamento ambiental para promover a ocupação adequada

[15] Lei estadual (n° 13798/2009) -. Estado de São Paulo, objetivo de proporcionar as condições para as adaptações às mudanças climáticas

Em todos os pontos analisados o mês mais quente foi fevereiro. Em todos os meses as maiores temperaturas foram registradas na série IOUSP.

O mês com a menor temperatura média foi julho, em todas as séries analisadas. A série de Iguape foi a que apresentou os menores valores médios em todos os meses do ano.

Ao se analisar os valores máximos absolutos, nota-se que, considerando todos os locais e meses do ano, o menor valor máximo foi registrado no ponto CFRS, no mês de junho, com 28,2°C, que é superior ao valor médio do mês mais quente do ano para todos os pontos. Ou seja, embora as estações dos anos sejam bem definidas para a temperatura, em todos os meses do ano podem ocorrer eventos de altas temperaturas. Já os valores mínimos extremos ocorrem somente em épocas de inverno (junho, julho, agosto), com valores mínimos registrados em Iguape em junho e julho.

Devido a esta possibilidade de ocorrência de temperaturas relativamente elevadas nos meses de inverno, estes são os meses, em média, que também possuem o maior desvio padrão para a temperatura, em todos os pontos analisados.

Conforme descrito na caracterização climática para a região, épocas de inverno são as que apresentam a maior ocorrência de passagens de frentes frias. Estes eventos que ocorrem com o deslocamento de massas de ar frias que vão do polo em direção aos trópicos, fazem com que as temperaturas caiam durante sua passagem. No verão o menor número de passagem faz com que as temperaturas fiquem mais estáveis por longos períodos. Já no inverno, ocorre a tendência inversa, de maior variação da temperatura, com menores valores durante a passagem de frentes frias e um relativo aumento no intervalo de passagem destas.

Tabela 3.1.1.2.1-1 – Estatística básica para a temperatura, de acordo com o Item 2. Metodologia.

Temperatura (°C)	Jan	Fev	Mar	Abr	Maio	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez
Iguape												
Média	21,91	22,23	22,26	21,20	19,23	19,03	17,79	18,72	19,24	20,30	20,69	21,28
Mínima	13,50	17,50	16,50	13,50	9,50	9,00	9,00	9,50	9,00	12,50	12,00	14,50
Máxima	32,00	32,00	32,00	32,00	32,00	32,00	32,00	32,00	31,00	31,50	32,00	32,00
Desvio Padrão	3,28	3,58	3,72	3,23	3,04	3,00	3,49	3,24	2,59	2,28	2,78	3,18
IOUSP												
Média	25,77	26,32	25,31	23,11	21,02	19,84	18,80	19,88	20,94	21,70	22,98	25,53
Mínima	19,53	19,98	18,62	16,90	15,77	12,26	12,26	12,26	14,26	16,39	17,08	19,23
Máxima	34,16	34,16	34,16	31,08	29,39	32,80	31,41	34,16	34,15	34,02	33,91	34,16
Desvio Padrão	2,60	2,52	2,35	2,40	2,36	3,16	2,54	3,01	2,33	2,08	2,13	2,57
CFRS												
Média	24,94	25,17	24,47	22,80	20,37	19,01	18,50	19,35	19,85	21,42	22,84	24,24
Mínima	17,60	17,40	14,60	11,30	10,60	10,50	10,50	10,50	10,50	12,80	14,00	16,90
Máxima	33,20	32,70	32,50	31,50	29,10	28,20	29,80	32,40	33,10	32,60	33,00	33,20
Desvio Padrão	2,37	2,25	2,33	2,61	2,82	3,00	3,28	3,59	3,53	3,21	3,05	2,71

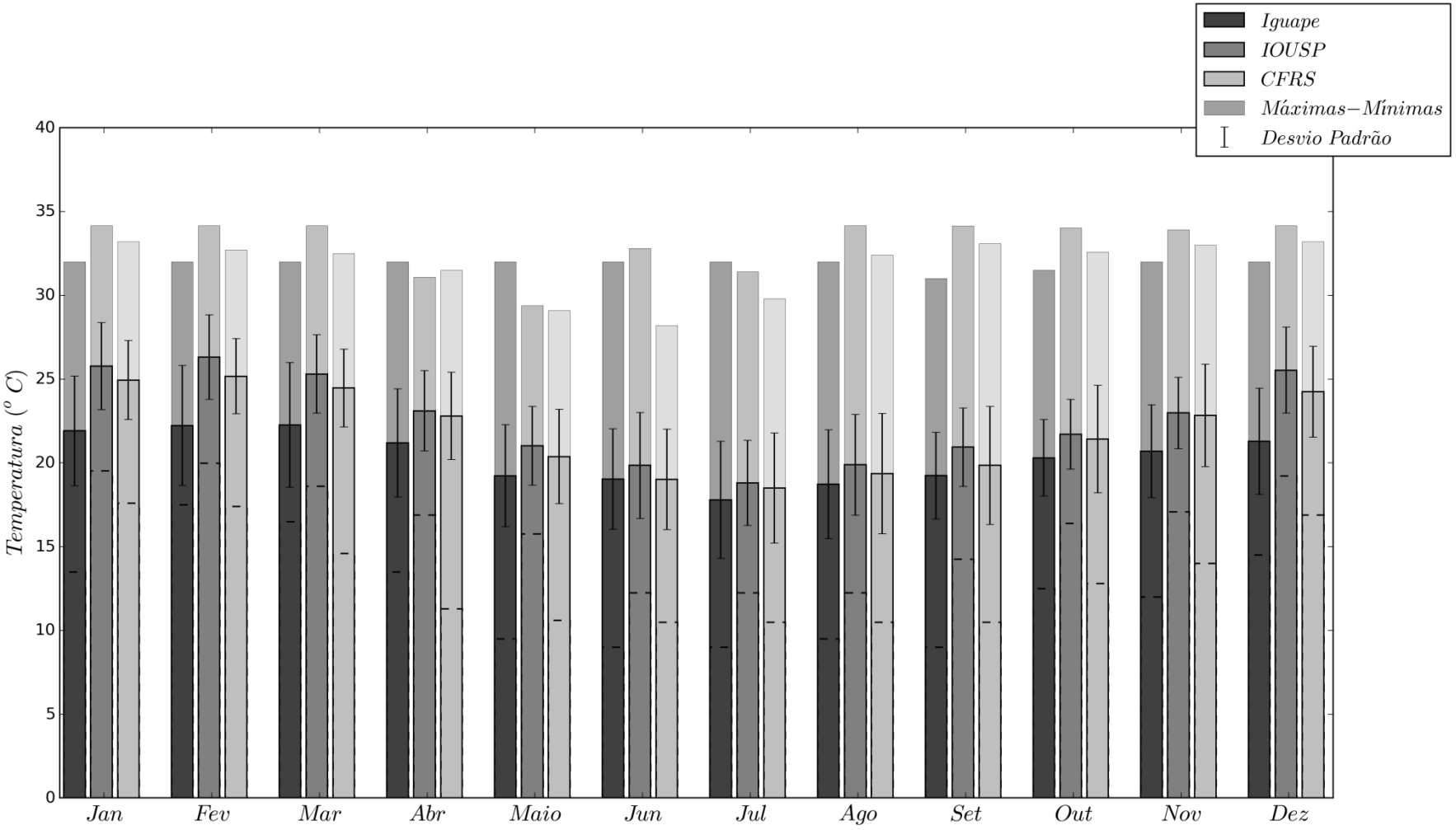

Figura 3.1.1.2.1-1 – Temperaturas médias mensais (barras com bordas sólidas) máximas absolutas (barras com cores mais claras), mínimas (linhas horizontais) e desvios padrão (barras verticais). Origem dos dados de acordo com o Item 2. Metodologia.

3.1.1.2.2 Umidade

Diferentemente do observado para a temperatura atmosférica, a umidade relativa não apresenta um padrão sazonal para os valores médios mensais - Erro! Fonte de referência não encontrada. e **Tabela 3.1.1.2.2-1**.

Todos os locais analisados possuem valores médios de umidade relativa superiores a 80% em todas as estações do ano, característicos de zonas litorâneas. Nota-se que tanto os valores mínimos registrados, quanto os valores de desvio padrão, também não apresentam variações significativas entre os meses do ano. Destaca-se somente que o ponto CFRS foi a que apresentou o menor valor mensal médio em todos os meses, e Iguape a maior.

Tabela 3.1.1.2.2-1 – Estatística básica para a umidade, de acordo com os pontos apresentados no item 2. Metodologia.

Umidade relativa (%)	Jan	Fev	Mar	Abr	Maio	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez
Iguape												
Média	94,82	95,28	95,89	96,57	97,27	97,87	97,40	97,25	97,03	97,67	96,35	96,50
Mínima	63,00	63,00	63,00	63,00	63,00	63,00	63,00	63,00	63,00	63,00	63,00	63,00
Máxima	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00
Desvio Padrão	8,99	8,93	8,96	8,02	7,63	6,45	7,85	7,23	7,36	6,55	8,76	8,08
IOUSP												
Média	88,32	89,61	90,41	91,65	92,97	92,65	93,26	92,18	92,83	91,62	91,07	89,81
Mínima	62,68	62,69	62,68	62,72	62,69	62,69	62,68	62,68	62,70	62,68	62,70	62,68
Máxima	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00
Desvio Padrão	8,82	8,10	8,00	7,99	7,68	8,71	8,15	8,64	7,23	8,76	8,02	7,97
CFRS												
Média	84,85	85,78	85,08	83,98	83,70	83,18	82,16	80,02	81,00	82,15	81,44	82,51
Mínima	53,40	53,50	53,40	53,40	53,40	53,40	53,40	53,40	53,40	53,40	53,40	53,40
Máxima	95,90	96,20	96,10	96,00	96,30	96,60	96,20	96,40	96,90	96,80	97,10	96,50
Desvio Padrão	8,91	8,24	8,47	8,45	8,41	8,64	9,20	10,15	9,95	9,75	10,32	9,97

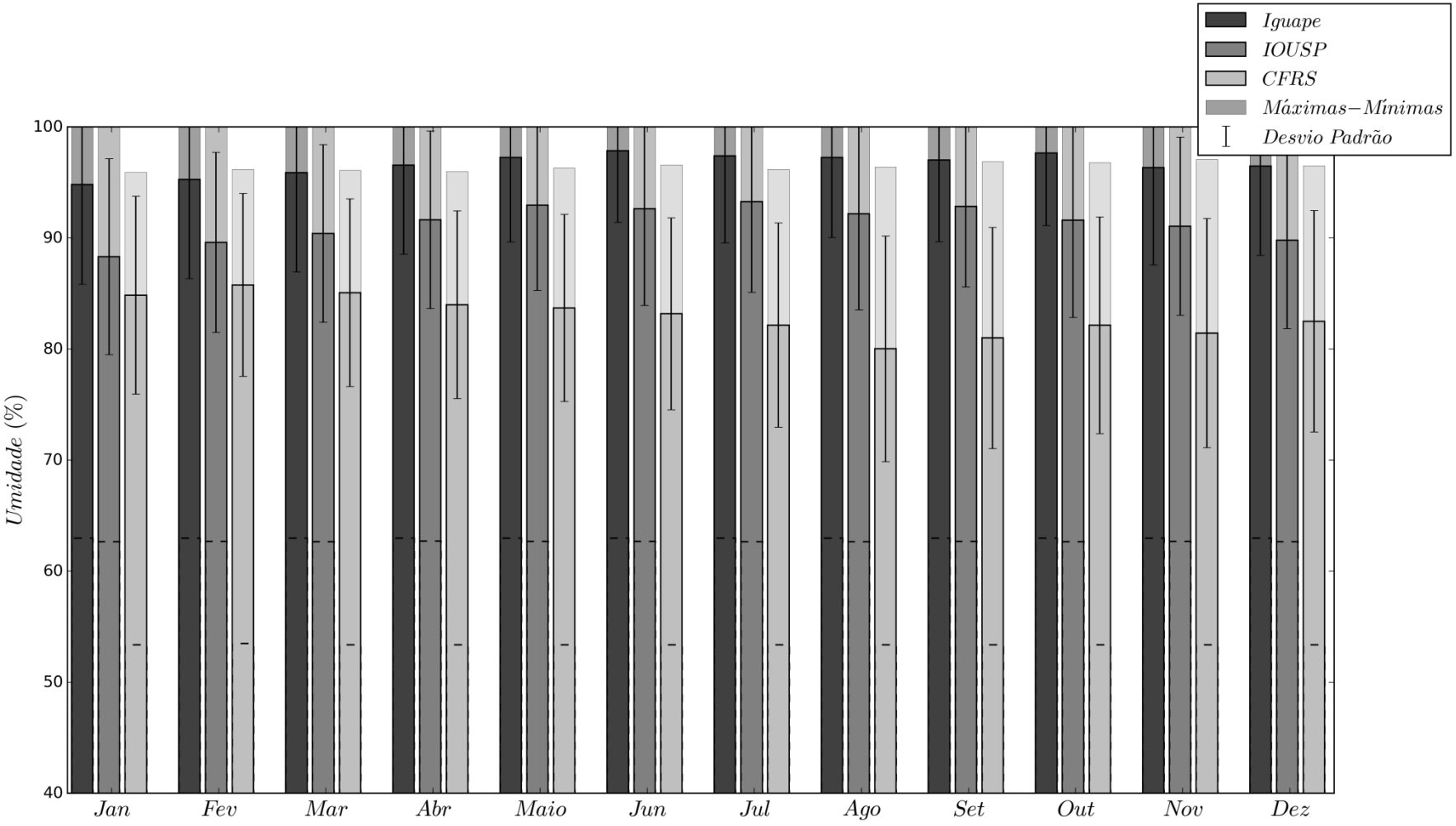

Figura 3.1.1.2.2-1 – Umidades relativas - médias mensais (barras com bordas sólidas) máximas absolutas (barras com cores mais claras), mínimas (linhas horizontais) e desvios padrão (barras verticais). Origem dos dados de acordo com o Item 2. Metodologia.

3.1.1.2.3 Pressão atmosférica

Os valores médios de pressão atmosférica mostram, em todos os locais analisados, maiores valores durante os meses de inverno e menores valores nos meses de verão - Erro! Fonte de referência não encontrada. e **Tabela 3.1.1.2.3-1**.

Tabela 3.1.1.2.3-1 – Estatística básica para a pressão atmosférica na ARIEG de acordo com os locais apresentados no Item 2. Metodologia.

Pressão atmosférica (hPA	Jan	Fev	Mar	Abr	Maio	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez
Iguape												
Média	1015	1015	1016	1017	1018	1019	1020	1019	1019	1017	1016	1016
Mínima	998	1003	1001	1005	1001	1009	1004	1004	1004	1005	1000	1000
Máxima	1033	1020	1021	1026	1029	1029	1034	1030	1034	1029	1026	1034
Desvio Padrão	3,5	3,6	3,4	3,2	3,4	3,2	4,1	3,8	3,8	3,4	3,8	3,4
IOUSP												
Média	1014	1014	1015	1017	1019	1020	1021	1020	1017	1018	1014	1013
Mínima	1004	1006	1003	1005	1007	1005	1009	1009	1004	1006	1002	1003
Máxima	1022	1022	1024	1026	1027	1030	1030	1030	1028	1030	1022	1022
Desvio Padrão	3,2	2,8	3,7	3,3	3,8	5,1	4,2	4,3	4,5	4,5	3,8	3,6
CFRS												
Média	1012	1013	1013	1016	1017	1019	1020	1020	1018	1015	1013	1012
Mínima	1001	1002	1001	1003	1001	1006	1005	1003	1001	1001	1001	1001
Máxima	1021	1024	1023	1027	1028	1031	1031	1031	1030	1029	1027	1023
Desvio Padrão	3,0	3,0	3,0	3,6	3,9	3,9	4,5	4,3	4,5	4,2	4,0	3,5

A variação sazonal da pressão atmosférica reflete a influência da ASAS sobre a região, conforme descrito na descrição climática. A ASAS apresenta deslocamento meridional ao longo do ano, estando mais próximo à área de estudo durante os meses de inverno, elevando os valores de pressão atmosférica, e mais distante da área de estudo durante os meses de verão, caracterizando os menores valores médios. Devido a essa grande variação de pressão atmosférica entre os meses de verão e inverno, a análise de valores máximos e mínimos absolutos fica atrelada a essa variação, com os valores máximos tendo sido observados em período de inverno e valores mínimos em período de verão.

Além desta variação sazonal devido a migração meridional da ASAS, os dados de pressão atmosférica também são afetados pela passagem de frentes frias. Conforme descrito na descrição climática da região, as passagens de frentes frias sobre a área de estudo são acompanhadas de diminuição de temperatura, diminuição de pressão e inversão do sentido dos ventos. Assim, os meses de inverno, que possuem uma maior frequência de ocorrência destes fenômenos, são aqueles que, em média, apresentam os maiores valores de desvio padrão.

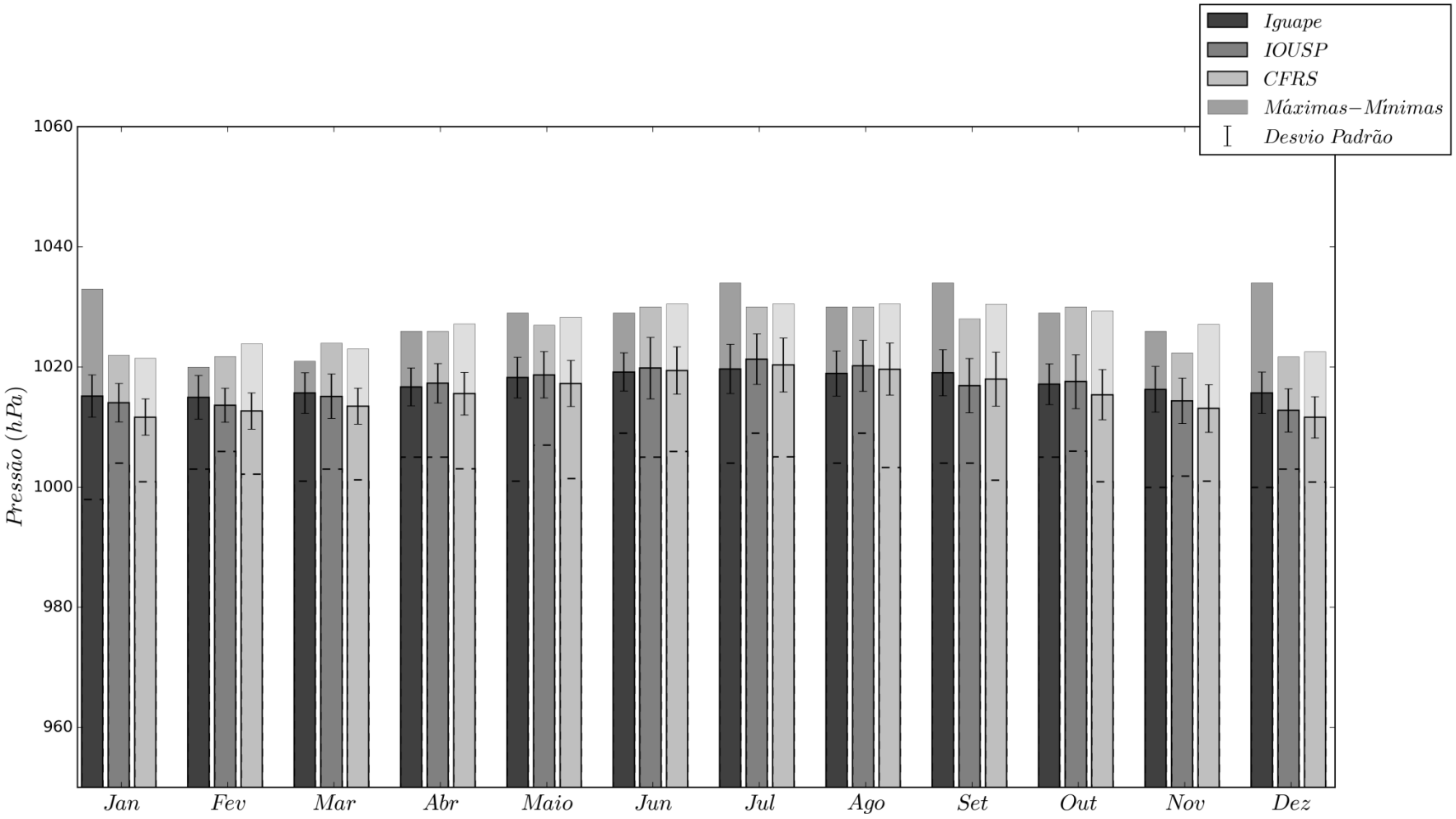

Figura 3.1.1.2.3-1 – Pressão atmosférica - médias mensais (barras com bordas sólidas) máximas absolutas (barras com cores mais claras), mínimas (linhas horizontais) e desvios padrão (barras verticais). Origem dos dados de acordo com o Item 2. Metodologia.

3.1.1.2.4 Precipitação

A precipitação mensal média na ARIEG também apresenta variabilidade sazonal. Os meses de verão são aqueles que possuem maiores valores médios, enquanto que os meses de inverno são os mais secos - **Tabela 3.1.1.2.4-1** e **Erro! Fonte de referência não encontrada..**

Tabela 3.1.1.2.4-1 – Estatística básica para a precipitação na ARIEG, de acordo com os locais apresentados no Item 2. Metodologia.

Precipitação (mm/mês)	Jan	Fev	Mar	Abr	Maio	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez
Cananéia												
Média	341,47	324,20	308,61	202,50	130,47	96,58	98,81	75,48	136,84	172,05	191,06	242,05
Mínima	71,30	96,80	83,80	16,20	23,10	4,40	12,20	13,40	34,20	24,00	48,30	29,30
Máxima	943,90	1006,90	581,90	606,70	406,10	296,20	311,10	212,40	336,40	298,80	536,40	547,20
Desvio Padrão	162,77	182,87	122,85	121,67	77,79	62,66	63,51	46,81	65,32	66,38	93,86	101,24
Ilha Comprida												
Média	307,40	330,59	324,29	204,57	163,89	125,62	96,92	76,24	144,53	162,41	163,26	206,03
Mínima	111,80	107,30	45,30	14,80	12,10	18,50	16,60	14,40	45,40	73,00	40,20	71,20
Máxima	715,10	701,80	700,70	514,80	522,30	543,80	244,40	197,40	331,50	294,90	448,30	427,50
Desvio Padrão	135,33	168,77	143,10	118,74	104,65	94,65	55,52	44,08	60,42	59,41	94,62	89,94
Iguape												
Média	264,86	246,47	266,68	168,14	127,09	110,32	110,06	76,54	120,31	138,85	132,09	179,25
Mínima	58,70	71,20	37,10	23,00	34,50	10,50	9,10	4,10	20,40	23,40	11,50	49,50
Máxima	519,50	702,90	724,20	522,00	454,90	325,10	478,00	209,60	356,40	305,00	447,90	425,90
Desvio Padrão	119,53	141,17	134,41	91,83	75,54	66,30	77,56	48,71	68,56	62,92	77,65	88,17

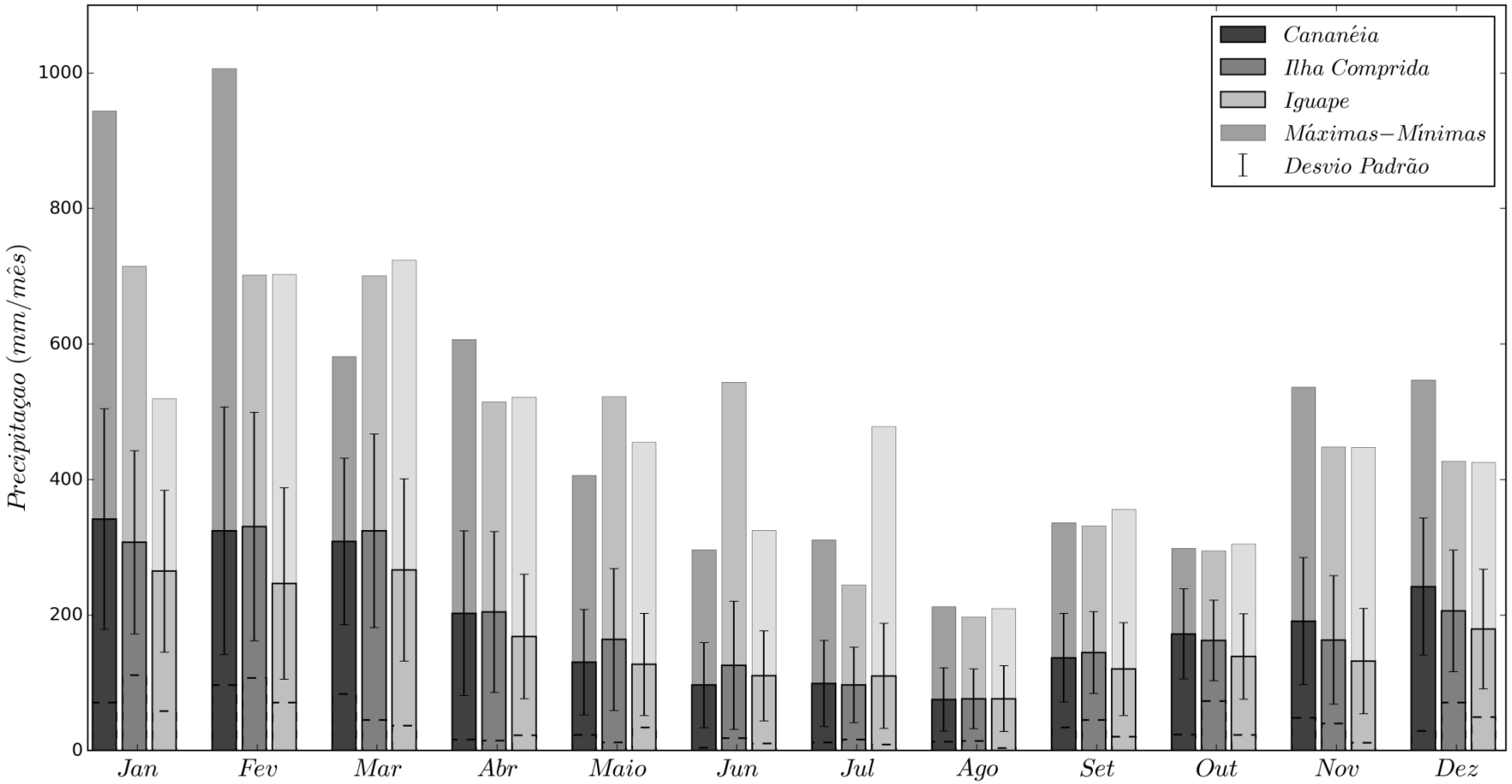

Figura 3.1.1.2.4-1 – Precipitações atmosféricas médias mensais (barras com bordas sólidas) máximas absolutas (barras com cores mais claras), mínimas (linhas horizontais) e desvios padrão (barras verticais). Origem dos dados de acordo com os locais apresentados no Item 2. Metodologia.

Os municípios alternam entre os mais chuvosos ao longo dos meses, não tendo médias significativamente superiores uns aos outros. Cananéia foi o município que apresentou os maiores valores máximos no verão. Já o menor valor mínimo foi observado em Iguape no mês de agosto. Os valores mínimos mostram que nenhum dos municípios registrou ausência de chuvas durante todo um mês.

Conforme apresentado na caracterização climática para a área de estudo, os principais fatores que influenciam a precipitação na região são a formação da ZCAS, principalmente nos meses de verão com chuvas torrenciais com duração de alguns dias, Complexo Convectivos de Mesoescala que podem ocasionar chuvas principalmente ao final da tarde, com rápida dissipação, e passagem de frentes frias, onde se observa precipitação na zona frontal. Analisando estes três fenômenos e comparando com os valores de desvio padrão observados para a ARIEG, observa-se que os maiores valores são observados em período de verão, justamente onde ocorre maior estabilização da ZCAS. Conforme descrito na caracterização climática, este fenômeno que se estende deste a Amazônia até a região do Atlântico, na direção noroeste-sudoeste, traz grandes volumes de precipitação para a área de estudo. Além disso, outros fatores, como aumento da temperatura da superfície do mar, também podem afetar o regime de precipitação.

Na sequência, da Erro! Fonte de referência não encontrada. a Erro! Fonte de referência não encontrada. são apresentados os valores médios, mínimos e máximos de precipitação observadas nos municípios ao redor da ARIEG entre os anos de 1950 e 2015, para o verão, outono, inverno e primavera, respectivamente. As escalas para inverno e primavera estão diferentes das de verão e outono para facilitar a visualização. Nestas figuras observa-se que não existe uma tendência de aumento ou diminuição da precipitação ao longo dos anos analisados. Em alguns anos e em algumas estações do ano ocorreram anomalias positivas (valor médio do ano superior à média da estação) ou negativas (valor médio do ano inferior à média da estação). Dentre estes eventos pode-se destacar:

Anomalias positivas destacadas;

Verão – 1960, 1961, 1963, 1966, 1976, 1981, 1994, 1995, 1996, 2008, 2009, 2010, 2015

Outono – 1965, 1966, 1973, 1975, 1979, 1983, 1994

Inverno – 1957, 1970, 1982, 2009, 2012

Primavera – 1957, 1969, 1977, 1979, 1982, 1983, 1995, 1997, 2005, 2008, 2009, 2013, 2015

Anomalias negativas destacadas:

Verão – 1985, 1986, 1992, 2002, 2014

Outono – 1964, 1978, 1980, 1985, 1997, 2000

Inverno – 1958, 1961, 195, 1988, 2006

Primavera – 1954, 1978, 1981, 2007, 2014

Estes eventos de anomalias destacados, tanto positiva quanto negativa, não parecem estar relacionados a nenhum fenômeno estudado. Estes anos não possuem correlação com eventos anos de ocorrência de El Niño e La Niña, por exemplo, que, de acordo com (CPTEC/INPE, 2016), aparentemente não causam distúrbios na precipitação na região Sudeste do Brasil.

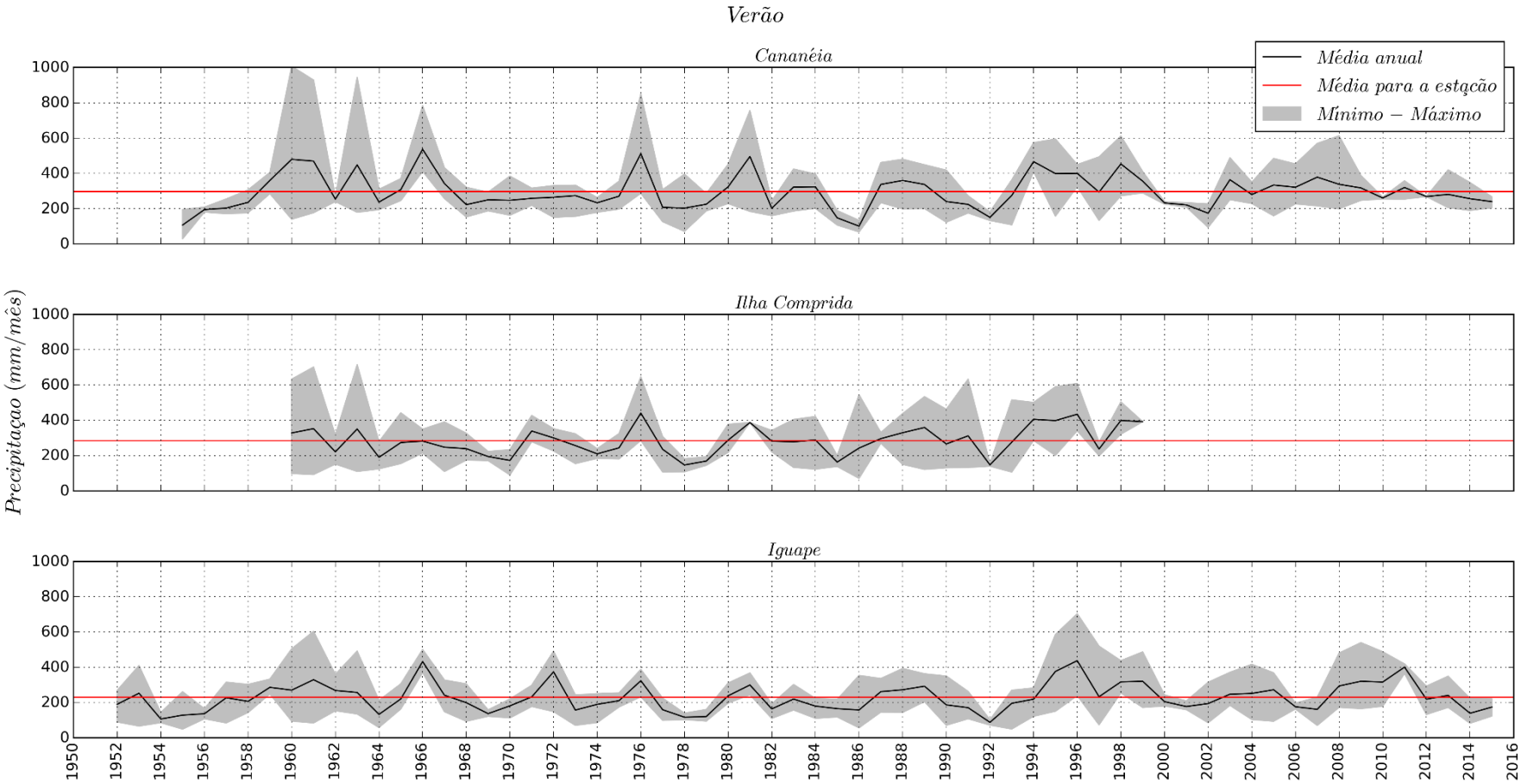

Figura 3.1.1.2.4-2 – Precipitações médias, mínimas e máximas para os verões de 1950 a 2015. A linha vermelha indica o valor médio climatológico para a precipitação no local e estação do ano. Origem dos dados de acordo com o Item 2. Metodologia.

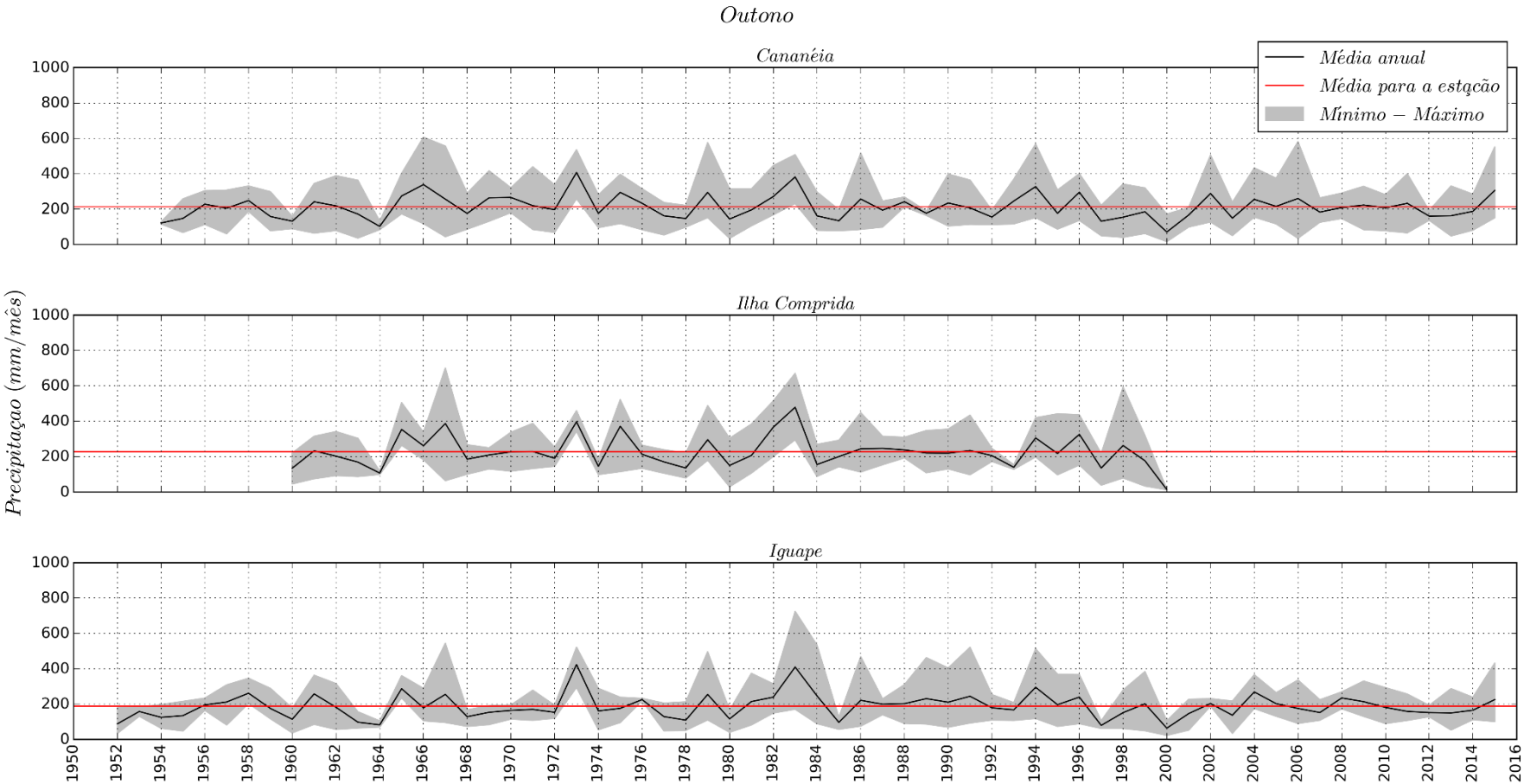

Figura 3.1.1.2.4-3 – Precipitações médias, mínimas e máximas para os outonos de 1937 a 2016. A linha vermelha indica o valor médio climatológico para a precipitação no local e estação do ano. Origem dos dados de acordo com o Item 2. Metodologia.

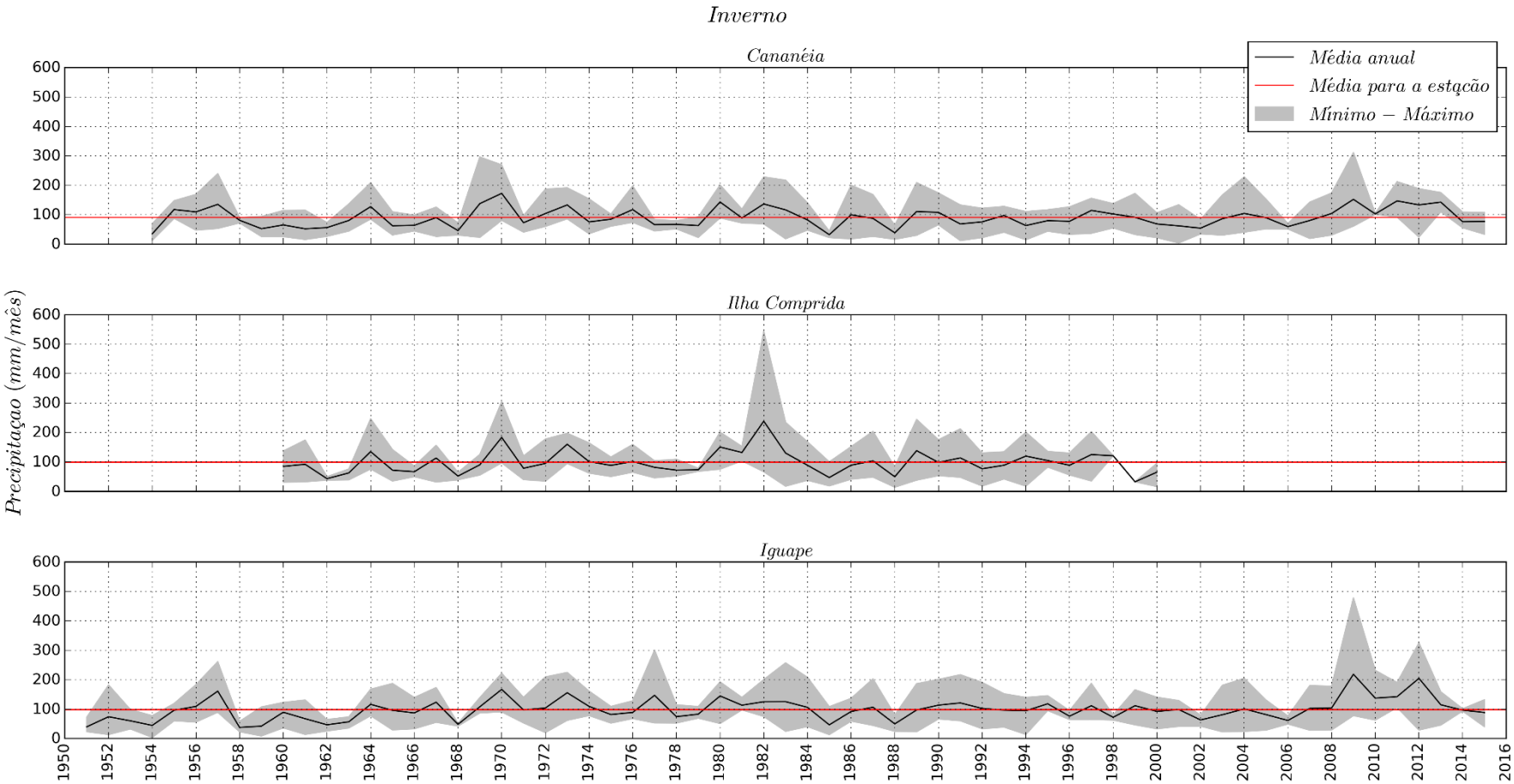

Figura 3.1.1.2.4-4 – Precipitações médias, mínimas e máximas para os invernos de 1937 a 2016. A linha vermelha indica o valor médio climatológico para a precipitação no local e estação do ano. Origem dos dados de acordo com o Item 2. Metodologia.

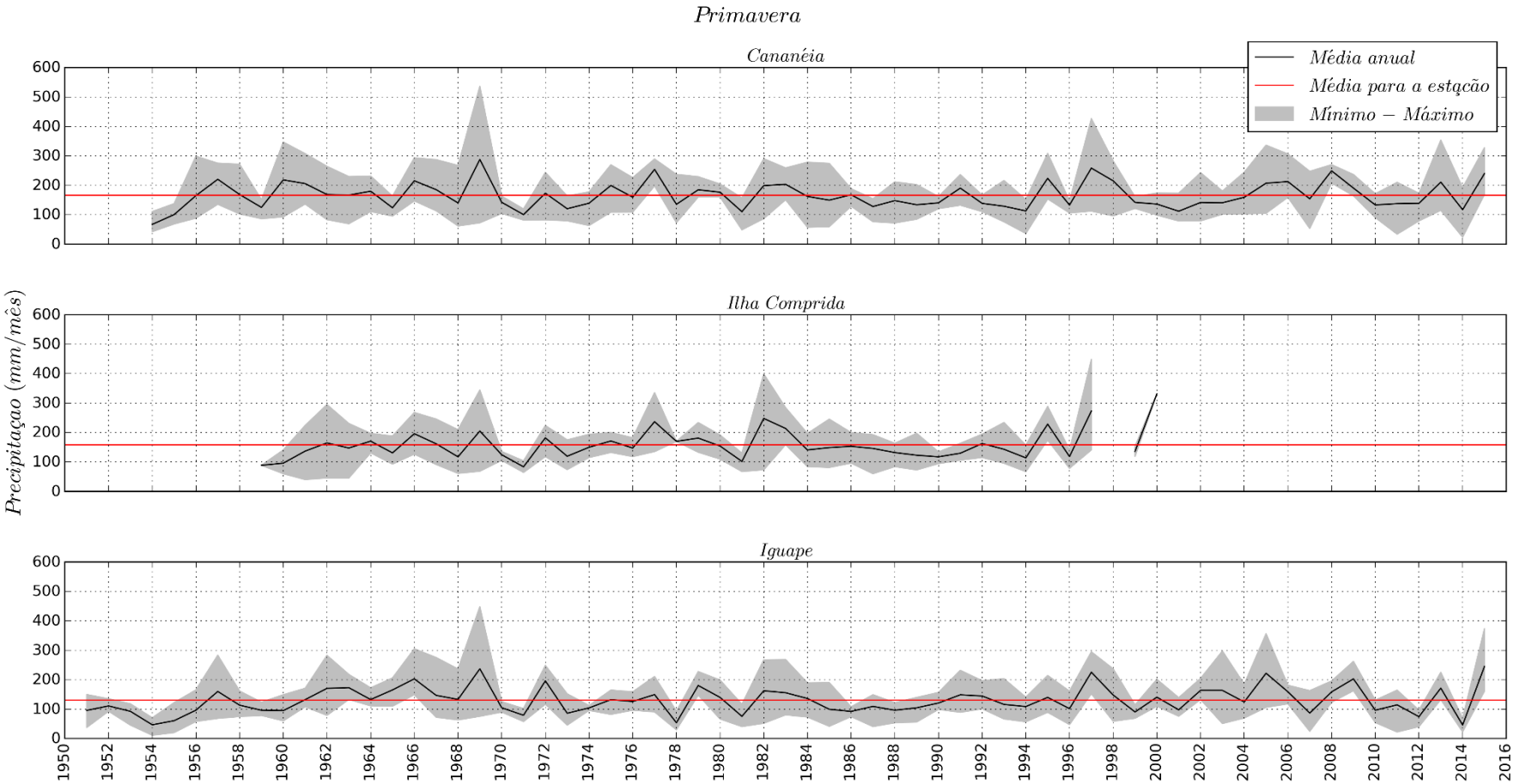

Figura 3.1.1.2.4-5 – Precipitações médias, mínimas e máximas para as primaveras de 1937 a 2016. A linha vermelha indica o valor médio climatológico para a precipitação no local e estação do ano. Origem dos dados de acordo com o Item 2. Metodologia.

3.1.1.2.5 Ventos

As estatísticas básicas da intensidade do vento coletados nos pontos descritos no item **2. Metodologia** estão disponíveis na **Tabela 3.1.1.2.5-1.**

Estes dados mostram que os pontos em Iguape possuem magnitudes médias superiores aos pontos de coleta no ponto IOUSP e no ponto no oceano.

De modo geral, observam-se maiores intensidades nos meses de primavera. Os meses de inverno possuem, em média, menores valores de intensidade do vento.

Quanto aos valores de desvio padrão, constatou-se que os maiores valores estão associados principalmente aos meses de outono e primavera.

Tabela 3.1.1.2.5-1 – Estatística básica para a magnitude do vento observado na ARIEG, de acordo com os locais apresentados no Item 2. Metodologia.

Magnitude do vento (m/s)	Jan	Fev	Mar	Abr	Maio	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez
Iguape												
Média	6,35	6,25	6,14	5,89	5,66	5,32	4,61	5,40	6,14	6,50	7,11	7,03
Mínima	0,10	0,00	0,10	0,10	0,20	0,20	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,40
Máxima	12,70	12,70	11,70	12,10	12,70	12,20	12,70	12,60	12,70	12,70	12,60	12,70
Desvio Padrão	3,33	3,42	3,40	3,52	3,64	3,56	3,58	3,49	3,37	3,30	3,19	3,20
IOUSP												
Média	2,01	1,94	1,78	1,68	1,40	1,29	1,35	1,51	1,83	2,02	2,04	1,89
Mínima	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Máxima	6,64	6,64	6,64	6,64	6,62	6,64	6,63	6,64	6,65	6,64	6,65	6,65
Desvio Padrão	1,65	1,63	1,53	1,38	1,17	1,01	1,18	1,34	1,58	1,65	1,70	1,61
Maratayama												
Média	3,30	3,16	3,25	3,30	3,33	3,18	3,16	3,16	3,74	3,74	3,74	3,63
Mínima	0,08	0,06	0,08	0,17	0,04	0,05	0,04	0,08	0,11	0,14	0,07	0,07
Máxima	11,39	9,20	11,87	11,10	10,76	11,43	12,39	9,46	10,36	12,66	12,67	11,71
Desvio Padrão	1,57	1,58	1,58	1,63	1,71	1,61	1,56	1,54	1,68	1,70	1,68	1,65

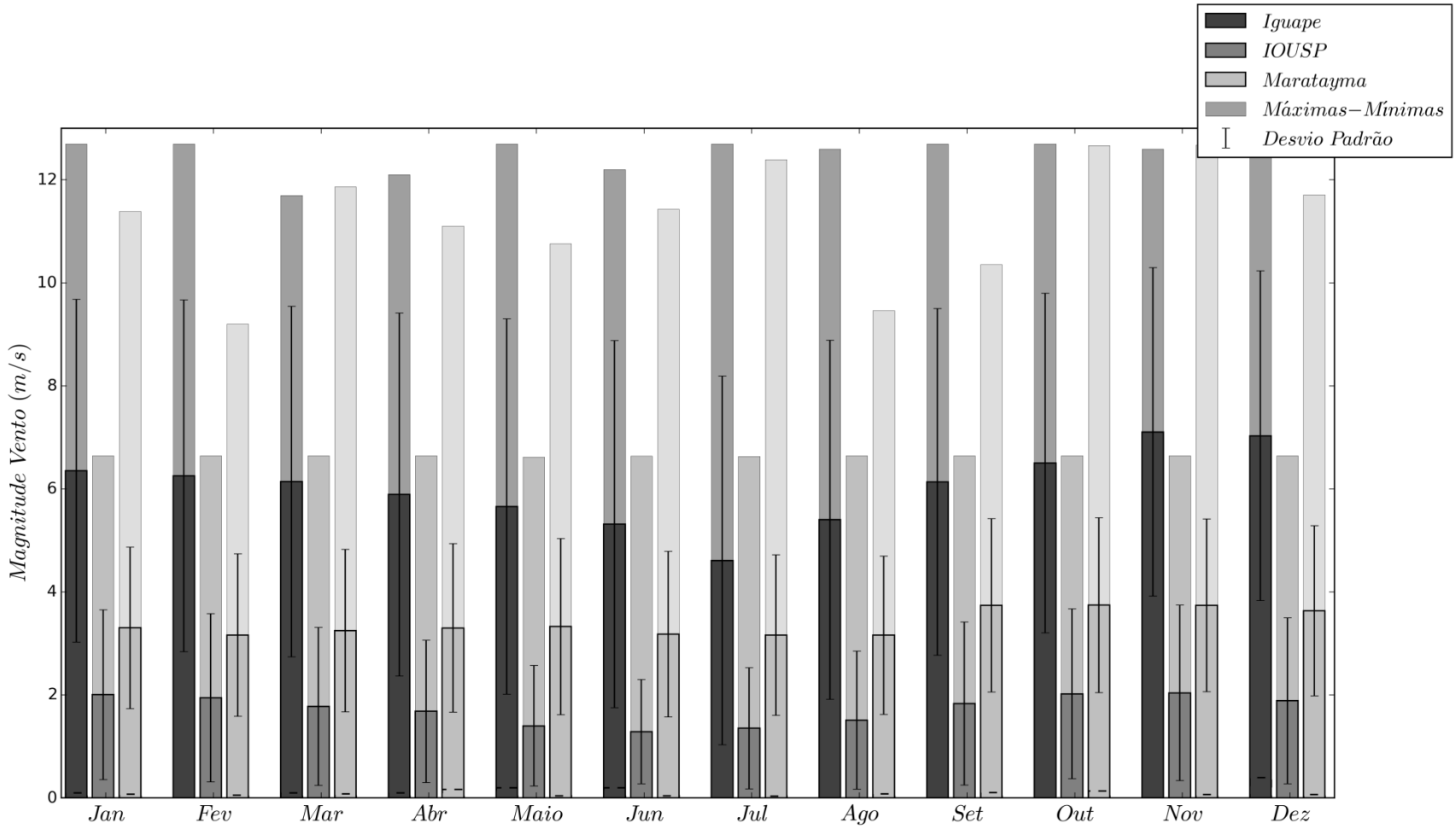

Figura 3.1.1.2.5-1 – Magnitudes do vento - médias mensais (barras com bordas sólidas) máximas absolutas (barras com cores mais claras), mínimas (linhas horizontais) e desvios padrão (barras verticais). Origem dos dados de acordo com o Item 2. Metodologia.

Considerando a mais longa série obtida – sobre o oceano na posição Maratayama, de acordo com o item **2. Metodologia**, na Erro! Fonte de referência não encontrada. são apresentadas as rosas dos ventos, respectivamente, para as estações de verão, outono, inverno e primavera. As tabelas de correspondência entre direção e intensidade estão disponíveis no **ANEXO 3.1-1** deste documento.

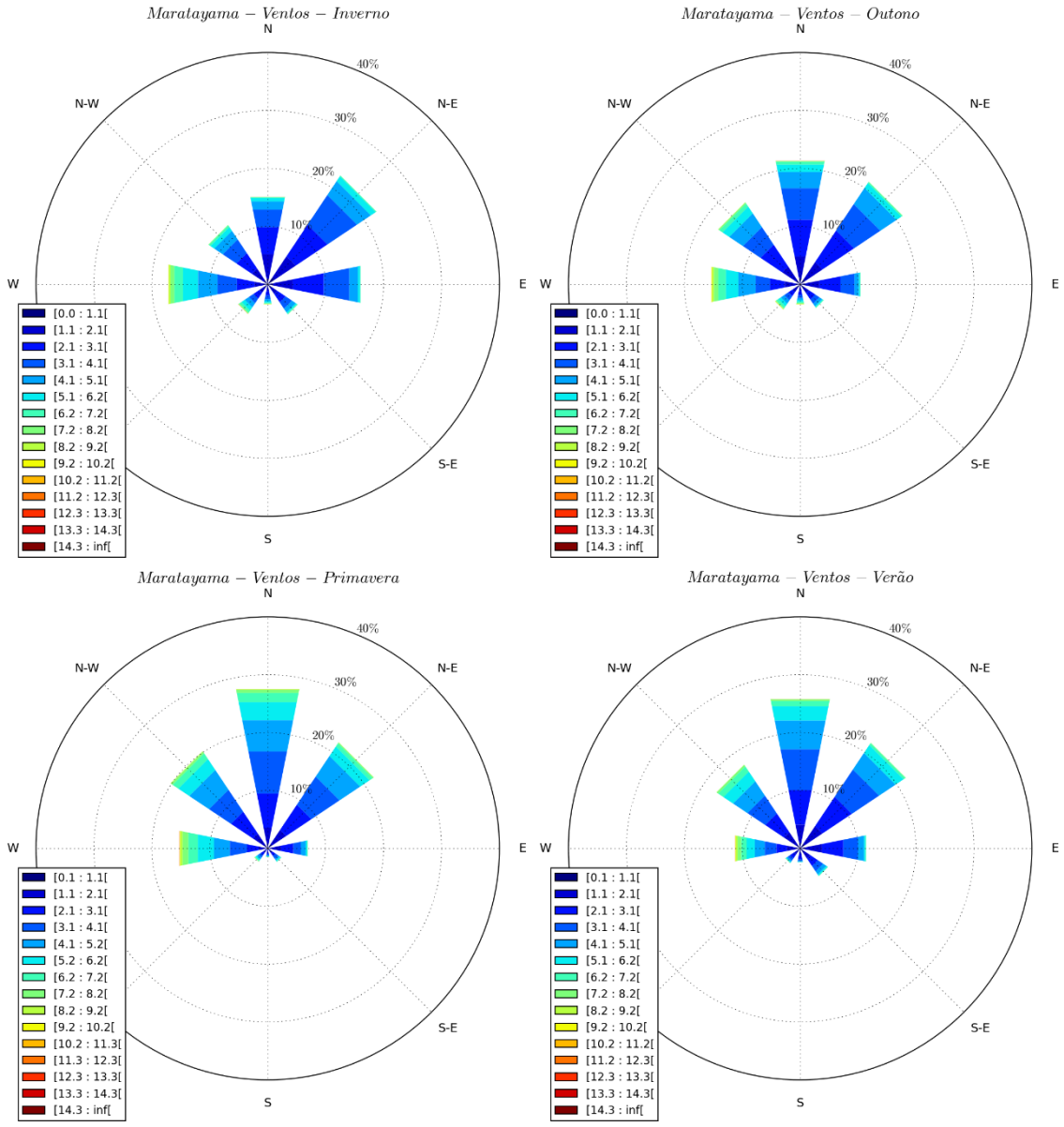

Figura 3.1.1.2.5-2 – Rosa dos ventos para a ARIEG – Maratayama. O painel superior esquerdo corresponde ao verão, superior direito ao outono, inferior esquerdo ao inverno e inferior direito à primavera. Origem dos dados de acordo com o Item 2. Metodologia.

Para os meses de verão o vento mais frequente é o de origem N, com 26,3%, seguido pela direção NE com 21,9%. No inverno o vento mais frequente é o NE com 22,6% e N com 15,4%. Na primavera e no outono o vento mais frequente é o de N (21,7% e 28,0%, respectivamente), seguido pelo de NE (21,3% e 22,1%). Estes valores mostram a grande influência que a circulação gerada

pela ASAS exerce sobre a região, conforme apresentado no item de caracterização climática da área de estudo.

A **Tabela 3.1.1.2.5-2** apresenta as características deste vento mais frequente para este ponto, de acordo com a estação do ano. Nota-se que a maior intensidade média para o vento mais frequente é observada na primavera, para ventos de N. No outono foi observado o valor máximo absoluto para a direção mais frequente.

Tabela 3.1.1.2.5-2 – Características do vento com maior frequência de ocorrência na ARIEG, setor Maratayama. Origem dos dados de acordo com o Item 2. Metodologia

Direção mais frequente dos ventos - Maratayama				
	Direção	**Intensidade média (m/s)**	**Desvio (m/s)**	**Máxima (m/s)**
Verão	N	3,58	1,46	8,58
Outono	N	3,16	1,41	10,83
Inverno	NE	2,97	1,25	7,37
Primavera	N	3,83	1,55	9,99

Este padrão mais frequente é modificado principalmente pela passagem de frentes frias sobre a região, que alteram estes ventos predominantes de N e NE para o setor SE-S-SW. Na região, os ventos de W também estão associados à passagem destes ventos de frente fria. No verão, este setor com ventos de W a SE representam 22,8% do total. No outono 29,3%, no inverno 33,4 % e na primavera 22,7%. Estes dados corroboram autores que indicam esta época do ano com a maior frequência de passagem de frentes frias, como Castro (1996), Stech & Lorenzetti (1999), Coelho (2006) e Gregório (2014).

A **Tabela 3.1.1.2.5-3** mostra dentre todas as direções, aquela que apresenta a maior intensidade média para cada estação do ano. Nota-se que em todos os meses os ventos de W são os que possuem maior intensidade média, ventos esses associados a frentes frias.

Tabela 3.1.1.2.5-3 – Características do vento com a maior intensidade média na ARIEG, setor Maratayama. Origem dos dados de acordo com o Item 2. Metodologia

Direção maior intensidade média - Maratayama				
	Direção	**Intensidade média (m/s)**	**Desvio (m/s)**	**Máxima (m/s)**
Verão	W	4,11	2,14	11,71
Outono	W	4,14	2,01	11,87
Inverno	W	4,16	1,84	11,43
Primavera	W	4,60	1,95	12,67

Eventos extremos do regime de ventos

Foram analisados os eventos extremos para o regime de ventos para a maior série disponível – sobre o oceano no ponto Maratayama, de acordo com o item **2. Metodologia**. Também de acordo com a metodologia apresentada no Item **2. Metodologia**, foram calculadas as probabilidades de ocorrências ventos de acordo com faixas de intensidade, que aparecem na **Tabela 3.1.1.2.5-4.**

Tabela 3.1.1.2.5-4 – Probabilidade de ocorrência de ventos no setor Maratayama, de acordo com faixas de intensidade. Fonte de dados de acordo com o Item 2. Metodologia.

Estação do ano	Probabilidade de ocorrência de ventos maiores que							
	2,0 m/s	3,0 m/s	4,0 m/s	6,0 m/s	8,0 m/s	10 m/s	12 m/s	14 m/s
Verão	98,4	92,8	79,9	35,0	4,3	0,1	0,0	0,0
Outono	97,5	90,3	76,0	33,4	5,3	0,2	0,0	0,0
Inverno	97,1	89,0	73,5	29,7	4,0	0,1	0,0	0,0
Primavera	99,1	95,3	85,9	45,7	8,2	0,2	0,0	0,0

Conforme o apresentado na **Tabela 3.1.1.2.5-4**, durante o outono e primavera ocorrem probabilidades acima de 5% para ocorrência de ventos acima de 8,0 m/s. Porém, quando analisados ventos acima de 10 m/s, ambas as estações do ano apresentam praticamente a mesma probabilidade (entre 0,1% e 0,2%). De modo geral o inverno apresenta as menores probabilidades para as faixas de intensidade. No inverno, o vento máximo registrado só não foi superior ao da estação de primavera. A menor intensidade máxima foi registrada no verão - **Tabela 3.1.1.2.5-5**.

Tabela 3.1.1.2.5-5 – Intensidade máxima registrada em cada estação do ano no setor Maratayama. Fonte de dados de acordo com o Item 2. Metodologia.

Estação	Intensidade máxima (m/s)	Direção	Data	Período de retorno (anos)
Maratayama				
Verão	11,71	W	29-12-1990 06h	4,46
Outono	11,87	W	22-03-2003 00h	1,59
Inverno	12,39	SW	09-07-1994 06h	4,67
Primavera	12,67	W	02-11-2003 00h	35,33

Foram calculadas as intensidades de retorno para períodos de até 100 anos, que são apresentados na **Erro! Fonte de referência não encontrada.**. Os resultados para a análise de retorno mostram as seguintes intensidades centenárias:

- 13,5 m/s – Verão, 15,5 m/s – outono, 15 m/s – inverno e 13,5 m/s – primavera;

Associando estes resultados com os valores médios e máximos analisados anteriormente, nota-se que os meses de inverno e outono não possuem as maiores médias, mas possuem maior

probabilidade de ocorrência de ventos extremos isolados. Já o verão e primavera apresentam ventos mais intensos de forma média, tendo menor probabilidade de ocorrência de ventos extremos isolados.

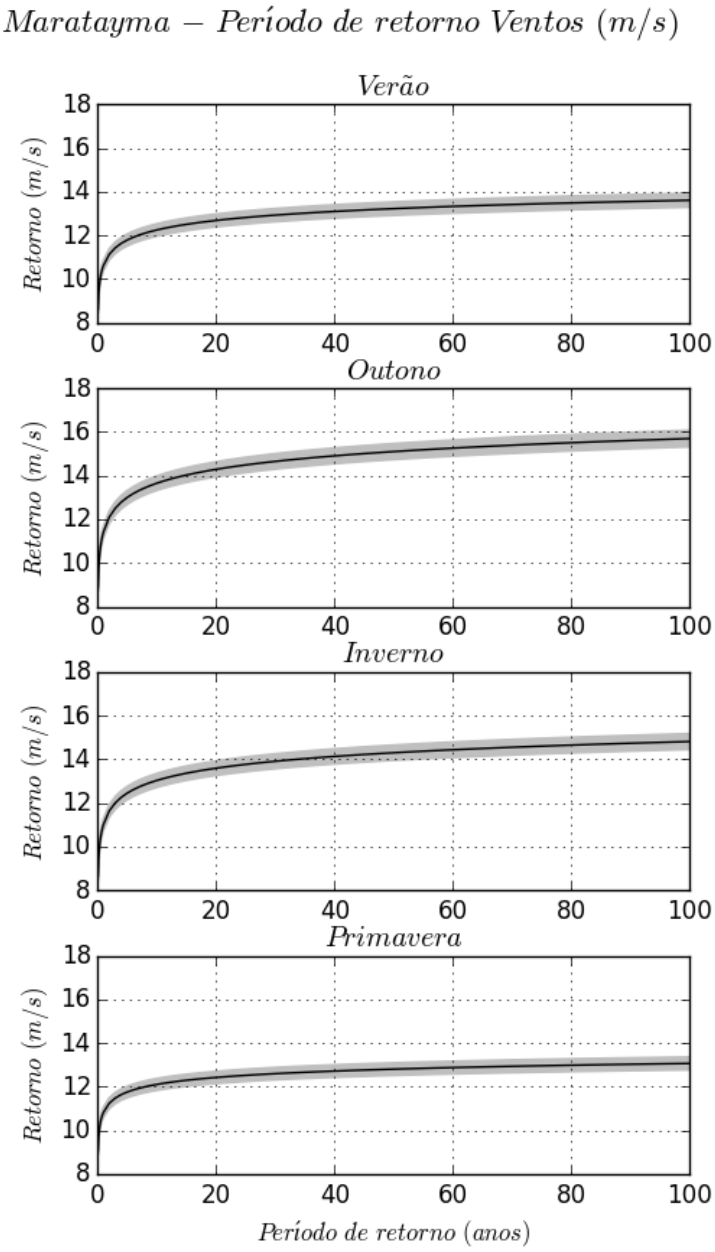

Figura 3.1.1.2.5-3 – Intensidade de retorno dos ventos em de 0 a 100 anos para o setor Maratayama. As linhas representam as estações do ano sendo, de cima para baixo: verão, outono, inverno e primavera. Fonte de dados de acordo com o Item 2. Metodologia.

3.1.1.3 SÍNTESE DA CARACTERIZAÇÃO CLIMÁTICA

Em termos climáticos, os municípios que fazem parte da ARIEG são classificados como tendo clima tropical, sem estação seca.

As principais condicionantes do clima e da meteorologia na região são fenômenos atmosféricos de grande escala. Os ventos mais frequentes de N-NE-E na região são provenientes da Alta Subtropical do Atlântico Sul (ASAS). A ASAS também faz com que a pressão atmosférica seja maior durante o período de inverno e, quando este fenômeno é o dominante na região, ocorrem as características de períodos de tempo bom.

A condição de tempo bom é frequentemente alterada sob duas diferentes situações: passagem de frentes frias e estabelecimento da Zona de Convergência do Atlântico Sul (ZCAS). As frentes frias que passam pela ARIEG movem massas de ar frio dos polos em direção ao Equador. Quando estas frentes passam pela ARIEG, alteram os ventos mais frequentes da ASAS, de N-NE-E, para ventos de W a SE, provocando quedas na temperatura e na pressão atmosférica e também provocando chuvas no momento de sua passagem. As frentes frias são mais frequentes em período de outono e inverno na região. Já o estabelecimento da ZCAS, que é uma faixa de nebulosidade contínua que cruza a América do Sul, desde a Amazônia até o litoral do sudeste do Brasil, pode causar chuvas intensas e duradouras, principalmente em períodos de verão.

Assim, o tempo bom na região pode ser alterado por eventos de passagem de frentes frias, onde toda a meteorologia é alterada de uma forma geral, e pela formação da ZCAS, onde ocorre grande volume de chuvas principalmente no verão.

Com relação à temperatura atmosférica, os dados analisados neste diagnóstico mostram que os meses mais quentes do ano são janeiro e fevereiro (média aproximada de 24 °C entre todos os pontos analisados), enquanto que os meses mais frios são os de junho e julho (média aproximada de 18°C entre todos os pontos analisados). Entretanto foram observados que eventos com temperaturas superiores a 25 °C podem ocorrer em todas as estações do ano, inclusive em períodos de inverno. Já temperaturas relativamente mais baixas são observadas somente no inverno. O inverno é quando também ocorre a maior frequência de passagem de frentes frias e, assim, os meses de verão se caracterizam por apresentarem temperaturas mais elevadas e constantes, enquanto que nos meses de inverno as temperaturas médias são menores, entretanto com uma maior variabilidade.

A umidade relativa na região é típica de regiões costeiras, com valores médios mensais superiores a 80%, não tendo uma sazonalidade definida ao longo do ano.

A pressão atmosférica se altera de acordo com a influência da ASAS sobre a região e é também um bom indicativo da passagem de frentes frias. No momento da passagem destas frentes frias ocorre uma queda da pressão atmosférica. Assim, como nos meses de inverno ocorre uma maior frequência de passagem destes sistemas, a variabilidade da pressão atmosférica neste período também é mais elevada que no verão.

A precipitação na região apresenta sazonalidade bem marcada, com verões mais chuvosos e invernos menos chuvosos. No verão, devido à formação da ZCAS, ocorrem eventos de grande precipitação que podem durar diversos dias. Chuvas torrenciais já foram observadas na região durante este período do ano causando problemas sociais e ambientais. Diversos autores correlacionam a posição da ZCAS com fenômenos atmosféricos de grande escala, como o El

Niño, que podem estar alterando o regime de chuvas em diversos locais, porém nos dados analisados não foram encontradas correlações para a região. Além disso, na região também é observada a formação de Complexos Convectivos de Mesoescala, que provocam chuvas torrenciais, porém por períodos de tempo mais curto, principalmente durante o final da tarde.

O regime de ventos na região é fortemente modulado pela presença da ASAS, tempo bom, e pela passagem de frentes frias. Assim, os ventos mais frequentes na região da ARIEG em todo o ano são os de N-NE-E. Com a passagem de frentes frias este vento é alterado para SE a W e, assim, as estações de outono e inverno são as que possuem maior frequência de ocorrência de ventos. Foi observado que no inverno e outono os ventos médios possuem menor intensidade que os ventos médios no verão e na primavera. Porém, nestas duas primeiras estações, existe maior probabilidade de eventos isolados extremos, com ventos mais intensos aos observados nas duas segundas estações.

Quadro 3.1.1.3-1 - Síntese do clima para a região da ARIEG

	Meses	Valores médios
Meses mais quentes do ano	Janeiro e fevereiro	Aproximadamente 24 °C
Meses mais frios do ano	Junho e julho	Aproximadamente 18°C
Meses mais chuvosos	Janeiro a março	Máximo de 341 mm em Cananéia e mínimo de 264 mm em Iguape
Meses mais secos	Junho e julho	Mínimo de 75,5 mm em Cananéia e máximo de 76,5 mm em Iguape
Umidade relativa	Praticamente constante	Acima de 80%
Mês maior pressão atmosférica	Julho	Aproximadamente 1019 hPa
Mês menor pressão atmosférica	Dezembro	Aproximadamente 1013 hPa
Mês com vento mais intenso	Novembro	Aproximadamente 3,7 m/s
Direção do vento mais frequente	Todo o ano	N-NE
Direção do vento mais intenso	Todo o ano	W

Além da caracterização do clima e da meteorologia regional, é importante destacar a correlação existente entre a manutenção global e regional do clima com relação aos oceanos.

Devido ao intenso intercâmbio de energia e momentum com as camadas inferiores da atmosfera, o oceano realiza a redistribuição da energia térmica dos trópicos para os polos do planeta Terra através de um sistema de correntes inicialmente chamado de Cinturão Condutor Oceânico (CCO, BROECKER, 1987). Segundo o esquema proposto por Broecker, o fluxo global de calor seria realizado por um sistema de corrente em escala global, composto por dois ramos distintos: um ramo superior quente, que absorve calor nos trópicos e devolve para a atmosfera nos polos, e um ramos inferior frio, resultante da formação de águas profundas nas regiões polares (**Figura 3.1.1.2.5-1**).

Uma atualização do CCO apresentada por Schmitz (1996) mostrou que o transporte de calor global resulta da interação de diversas correntes oceânicas em diferentes níveis verticais e com orientação predominantemente meridional, atualmente denominada Célula de Revolvimento Meridional ou Circulação Meridional Oceânica (MOC). Segundo o autor, mais de 85% do calor

excedente armazenado pela Terra durante o século XX estão nos oceanos, deixando claro que o oceano é o principal modulador do clima.

Rintoul *et al*. (2012) mostrou a importância da formação de águas profundas ao redor do continente Antártico dentro desse mecanismo, apontando que o Oceano Austral armazena mais calor do que qualquer outra faixa de latitude no planeta. Nesse contexto, Tonelli *et al*. (2012) mostraram a que os impactos das mudanças climáticas já podem ser observadas no Oceano Austral, onde a diminuição da taxa de formação das águas profundas pode levar ao enfraquecimento do transporte de calor pela MOC.

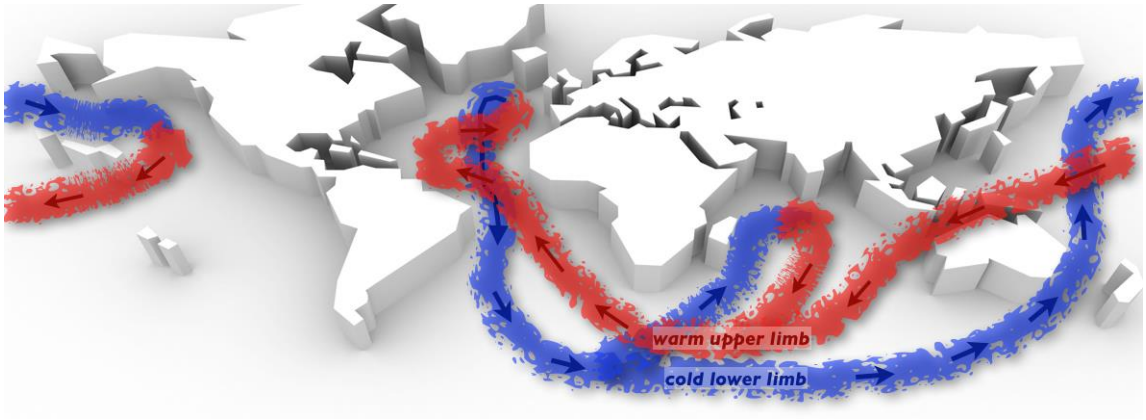

Figura 3.1.1.2.5-1 - Representação do transporte global de calor pelo Cinturão Condutor Oceânico proposto por Broecker (1987). Fonte: Adaptado de Tonelli (2014).

Em uma abordagem em escala regional, os oceanos desempenham um papel fundamental para a manutenção e desenvolvimento da sociedade, de modo que as mudanças climáticas têm impacto direto para as comunidades litorâneas. Atividades ligadas ao mar, em especial nas regiões costeiras, movimentam uma porção considerável da economia de diversos países que apresentam litoral extenso. Essas atividades variam desde o transporte comercial de produtos, exploração de petróleo *offshore* e extração de recursos a atividades em escala local, inerentemente ligadas à região costeira, como aquicultura, recreação e turismo (USGCRP, 2014). Ao mesmo tempo, são regiões com grande biodiversidade, com habitats muito particulares, garantindo benefícios para a sociedade e para o ecossistema natural. Nesse contexto, as mudanças climáticas têm potencial para impactar a os ecossistemas costeiras de diversas maneiras.

Como apontado pelo relatório do Painel Intergovernamental para Mudanças Climáticas (IPCC, 2014), ambientes costeiros são sensíveis a elevações do nível do mar, variações na intensidade e frequência de eventos extremos (ex. Tempestades e ciclones extratropicais, aumento da precipitação e variações na temperatura da água). Associado a essas alterações, o aumento da concentração de CO_2 na atmosfera promove a acidificação dos oceanos, o que também impacta os ecossistemas marinhos, particularmente nas regiões costeiras.

Com impacto possivelmente mais sensível do que o advento de novos problemas, as mudanças climáticas podem agravar desequilíbrios já instalados, como erosão costeira, inundações e poluição das águas, aumento a pressão sobre um ambiente já fragilizado. Esse cenário de desenvolve em paralelo ao crescimento populacional e ampliação das estruturas de suporte nas

regiões litorâneas, demandando abordagens mais elaboradas para resolver questões relacionadas à gestão do uso do solo, da água, esgotos e dos ecossistemas (CCSP, 2008).

A intensificação do processo de ocupação da costa altera o balanço de sedimentos e impede a migração de ecossistemas responsáveis por amortecer os impactos da subida do nível do mar, aumentando a vulnerabilidade dessas regiões (CCSP, 2008). Além disso, essa subida do nível do mar aumenta a salinidade das águas subterrâneas, que perdem potabilidade e passam a apresentar efeitos deletérios para plantas e animais (USGCRP, 2014).

USGCRP, 2014 e IPCC, 2014 mostraram que as águas costeiras vêm se aquecendo durante as últimas décadas e que essa tendência deve se estender pelo século XXI, na ordem de 4 a 8 graus (USGCRP, 2009), o que também impacta os ecossistemas costeiros. Espécies termo-específicas tanto da flora quanto da fauna tendem a migrar para latitudes mais altas (USGCRP, 2014; IPCC, 2014), alterando habitats de espécies estabelecidas, que passam a sofrer com a competição por recursos com as novas espécies (FEMA, 2008).