

## ÍNDICE

3.2.1 -	Climatologia e Meteorologia .....	1/23
3.2.1.1 -	Metodologia .....	1/23
3.2.1.2 -	Caracterização dos Sistemas Meteorológicos e Eventos Extremos .....	3/23
3.2.1.2.1 -	Sistemas Meteorológicos de Mesoescala e Escala Sinótica .....	4/23
3.2.1.2.2 -	Interações com a Topografia .....	6/23
3.2.1.2.3 -	Eventos Extremos.....	7/23
3.2.1.3 -	Caracterização Meteorológica .....	12/23
3.2.1.3.1 -	Precipitação Pluviométrica .....	12/23
3.2.1.3.2 -	Temperatura do Ar .....	12/23
3.2.1.3.3 -	Umidade Relativa do Ar .....	14/23
3.2.1.3.4 -	Pressão Atmosférica .....	16/23
3.2.1.3.5 -	Insolação.....	17/23
3.2.1.3.6 -	Vento.....	18/23
3.2.1.3.7 -	Nível Ceraúnico .....	20/23
3.2.1.4 -	Considerações Finais .....	23/23



## Legendas

Figura 3.2.1-1 - Localização das estações meteorológicas utilizadas para elaboração do diagnóstico climatológico e meteorológico na região do empreendimento. ....	2/23
Quadro 3.2.1-1 - Lista das Estações Meteorológicas utilizadas para a caracterização climatológica na região do empreendimento. ....	3/23
Figura 3.2.1-2 - Distribuição espacial da chuva média anual no Estado de São Paulo no período de 1947 a 1997. A escala de cores indica a acumulação, em mm. Retirado de Prado <i>et al.</i> (2007).....	7/23
Figura 3.2.1-3 - Circulação atmosférica em condições normais, e com El Niño. ....	8/23
Figura 3.2.1-4 - Condições atmosféricas em período de La Niña. ....	9/23
Quadro 3.2.1-2 - Anos de ocorrência e intensidade do El Niño. Fonte: CPTEC, 2012.....	9/23
Quadro 3.2.1-3 - Anos de ocorrência do La Niña. Fonte: CPTEC, 2012. ....	11/23
Figura 3.2.1-5 - Precipitação média mensal de 1961 a 1990 nas estações meteorológicas próximas à LT 500 kV Estreito-Fernão Dias e Subestações Associadas. ....	12/23
Figura 3.2.1-6 - Temperatura média mensal de 1961 a 1990 nas estações meteorológicas próximas à LT 500 kV Estreito-Fernão Dias e Subestações Associadas. ....	13/23
Figura 3.2.1-7 - Temperatura máxima média mensal de 1961 a 1990 nas estações meteorológicas próximas à LT 500 kV Estreito-Fernão Dias e Subestações Associadas. ....	13/23
Figura 3.2.1-8 - Temperatura mínima média mensal de 1961 a 1990 nas estações meteorológicas próximas à LT 500 kV Estreito-Fernão Dias e Subestações Associadas. ....	14/23
Figura 3.2.1-9 - Umidade relativa do ar média mensal de 1961 a 1990 nas estações meteorológicas próximas à LT 500 kV Estreito-Fernão Dias e Subestações Associadas. ....	15/23
Figura 3.2.1-10 - Pressão atmosférica média mensal de 1961 a 1990 nas estações meteorológicas próximas à LT 500 kV Estreito-Fernão Dias e Subestações Associadas. ....	17/23

Figura 3.2.1-11 - Insolação média mensal de 1961 a 1990 nas estações meteorológicas próximas à LT 500 kV Estreito-Fernão Dias e Subestações Associadas. O INMET não disponibiliza os valores médios do mês de novembro em Campinas. .... 18/23

Quadro 3.2.1-4 - Direção predominante (em pontos colaterais) do vento entre 1961 e 1990 nas estações meteorológicas próximas à LT 500 kV Estreito-Fernão Dias. .... 19/23

Figura 3.2.1-12 - Intensidade média mensal do vento de 1961 a 1990 nas estações meteorológicas próximas à LT 500 kV Estreito-Fernão Dias e Subestações Associadas. .... 19/23

Quadro 3.2.1-5 - Número médio de descargas por km<sup>2</sup> por ano (1998-2011) nos municípios a serem interceptados pelo empreendimento. .... 20/23

Figura 3.2.1-13- Número médio de descargas por km<sup>2</sup> por ano (1998-2011) nos municípios a serem interceptados pelo empreendimento. .... 22/23

### 3.2.1 - Climatologia e Meteorologia

Este relatório apresenta as características meteorológicas e climáticas da região onde será implantada a Linha de Transmissão 500 kV Estreito-Fernão Dias, que se estende do município de Ibiraci-MG ao município de Atibaia-SP, percorrendo aproximadamente 117 km no estado de Minas Gerais e 210 km no estado de São Paulo. Considerando a climatologia de Köppen (1948), na região do empreendimento, predomina o clima subtropical úmido/tropical de altitude (Cwa).

Para o presente estudo serão analisados, de forma integrada, os aspectos físicos e os sistemas atmosféricos que atuam na região.

#### 3.2.1.1 - Metodologia

De acordo com o item 2.2.2.1 do Termo de Referência emitido pelo IBAMA, é necessário caracterizar na Área de Estudo (AE) do empreendimento os fenômenos meteorológicos de meso escala e de escala sinótica, descrevendo as estações meteorológicas de referência regional. Para a caracterização deve ser considerada a ocorrência de eventos extremos, assim como a diversidade topográfica presente no traçado do empreendimento. Para isso, foram utilizados dados das normais climatológicas do período de 1961 a 1990 disponibilizadas pelo Instituto Nacional de Meteorologia (INMET).

As normais climatológicas são obtidas através do cálculo das médias dos parâmetros meteorológicos ao longo dos 30 anos considerados, de acordo com os critérios da Organização Meteorológica Mundial (OMM), sendo que, são apresentadas neste estudo, as normais climatológicas de precipitação acumulada, temperaturas média, mínima e máxima do ar, umidade relativa do ar, pressão atmosférica, insolação, velocidade e direção do vento e nível ceraúnico. Os dados de nível ceraúnico foram obtidos junto ao Grupo de Eletricidade Atmosférica (ELAT), que é vinculado ao Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE). Para avaliar as condições meteorológicas, foram obtidos dados das estações situadas nas proximidades do traçado da linha de transmissão (Figura 3.2.1-1 e Quadro 3.2.1-1). As estações selecionadas estão bem distribuídas espacialmente, cobrindo um gradiente latitudinal abrangente, desde Franca-SP (extremo norte da linha) até Campinas-SP (extremo sul da linha).

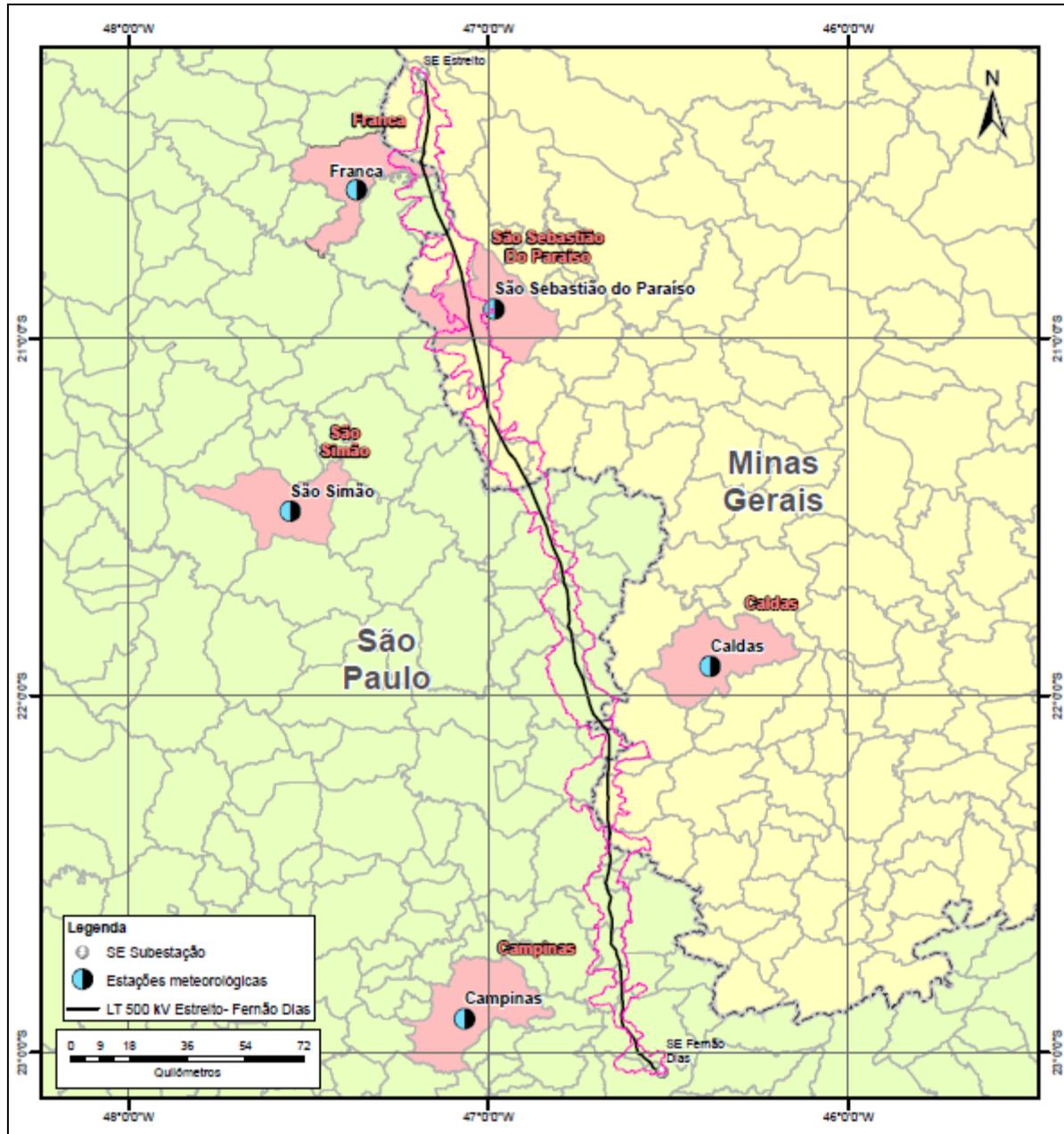


Figura 3.2.1-1 - Localização das estações meteorológicas utilizadas para elaboração do diagnóstico climatológico e meteorológico na região do empreendimento.

Quadro 3.2.1-1 - Lista das Estações Meteorológicas utilizadas para a caracterização climatológica na região do empreendimento.

Município	Coordenadas UTM F23S SIRGAS2000		Distância até a LT (km)	Altitude (m)
	X	Y		
Franca-SP	252952	7722537	21,2	1003
São Sebastião do Paraíso-MG	294080	7685435	7,8	1038
São Simão-SP	235773	7622573	63,7	620
Caldas-MG	357465	7575386	36,7	1077
Campinas-SP	287690	7464949	45,1	685

As estações do INMET utilizadas nesta caracterização são do tipo convencional e apresentam as seguintes distâncias do traçado: 7,3 km do município de São Sebastião do Paraíso (MG); 20,4 km do município de Franca (SP); 35,7 km do município de Caldas (MG); 44,7 km do município de Campinas (SP) e 64,7 km do município de São Simão (SP). Vale mencionar que das estações utilizadas para este diagnóstico, somente a de São Sebastião do Paraíso está inserida na AE do empreendimento. Todavia, a Organização Meteorológica Mundial (OMM) recomenda o espaçamento máximo de 300 km entre estações meteorológicas para estudos de caracterização climatológica, podendo-se usar dados meteorológicos de estações em áreas localizadas em um raio de até 150 km (VIANELLO, 1991).

### 3.2.1.2 - Caracterização dos Sistemas Meteorológicos e Eventos Extremos

Os sistemas meteorológicos que atuam em uma região influenciam fortemente as condições de tempo e clima. A circulação atmosférica é o resultado do aquecimento diferencial da superfície terrestre pela radiação solar (FERREIRA & MELO, 2004). Um sistema atmosférico pode ter uma dimensão horizontal em um determinado período de tempo. De acordo com essas características, os sistemas meteorológicos são divididos entre sistemas sinóticos (dimensões da ordem de algumas centenas de quilômetros e duração de 1 dia a meses) e sistemas de mesoescala (dimensões da ordem de 1 a 100 quilômetros e duração de 1 hora a 1 dia). Os sistemas atmosféricos que predominam na AE da LT 500 kV Estreito-Fernão Dias são: Zona de Convergência do Atlântico Sul (ZCAS), Zona de Convergência de Umidade (ZCOU), Anticiclone Subtropical do Atlântico Sul (ASAS). Estes sistemas exercem fortes influências no regime pluviométrico da AE da LT. Adicionalmente, eventos extremos como a La Niña e o El Niño afetam a região.

### 3.2.1.2.1 - Sistemas Meteorológicos de Mesoescala e Escala Sinótica

É importante conhecer os sistemas atmosféricos que atuam em uma região, pois eles influenciam fortemente as condições de tempo e clima. A circulação atmosférica é o resultado do aquecimento diferencial da superfície terrestre pela radiação solar (FERREIRA e MELLO, 2004). Um sistema atmosférico pode ter uma dimensão horizontal em um determinado período de tempo, e, de acordo com essas características, podem ser denominados como sistemas sinóticos e sistemas de mesoescala.

A área de estudo está situada em uma faixa extratropical que é afetada por sistemas meteorológicos de origem tropical provenientes das regiões Norte e Centro-Oeste do Brasil, além dos baroclínicos oriundos das regiões Sul e Sudeste.

#### 3.2.1.2.1.1 - Sistemas Atmosféricos de Escala Sinótica

Um dos sistemas de escala sinótica que produz quantidades substanciais de precipitação na área de estudo do empreendimento durante o verão é a Zona de Convergência do Atlântico Sul (ZCAS). A ZCAS é caracterizada como uma banda persistente de precipitação e nebulosidade orientada no sentido noroeste-sudeste que se estende desde o sul da Amazônia até o Atlântico Sul. Em geral, as nuvens e as chuvas permanecem por no mínimo quatro dias, podendo gerar transtornos como inundações e desabamentos. Apesar do potencial de causar transtornos, esse sistema é fundamental para a região sudeste, pois garante uma grande quantidade de chuva durante o verão, o que tem importância para a agricultura, para a geração de energia e para o abastecimento de água para a população. A intensificação da ZCAS pode estar associada a outros sistemas meteorológicos que não atuam diretamente na área de estudo, como os sistemas frontais, os vórtices ciclônicos de altos níveis (VCANs) e a Alta da Bolívia (AB). A ZCAS exibe uma rica variabilidade em diferentes escalas temporais. Na banda aproximada de 30-60 dias, grande parte dessa variabilidade é associada a propagações para leste da Oscilação de Madden-Julian (OMJ), que é o modo mais importante de variabilidade tropical intrassazonal. As atividades convectivas com períodos mais curtos (2-30 dias) são associadas a propagações de ondas de Rossby provenientes das latitudes médias do Hemisfério Sul e que atingem a região da ZCAS (Cavalcanti *et al.*, 2009). Além disso, em escalas interanuais, o El Niño exerce um papel importante na variabilidade da monção na América do Sul e na ZCAS, inclusive na ocorrência de eventos extremos de precipitação.

Outro sistema meteorológico que apresenta padrão similar à ZCAS é a Zona de Convergência de Umidade (ZCOU). A ZCOU se assemelha à ZCAS em vários parâmetros, como o fato de ambas serem zonas de convergência de umidade com elevadas nebulosidade e precipitação, mas há diferenças no padrão de escoamento clássico, principalmente em médios e baixos níveis, que desfavorecem a persistência da banda de nebulosidade e precipitação (SACRAMENTO NETO *et al.*, 2010). A duração da ZCOU é de apenas 3 dias, e quando o padrão persiste por um quarto dia, o sistema geralmente passa a ser considerado uma ZCAS.

O Anticiclone Subtropical do Atlântico Sul (ASAS) é um sistema associado à circulação média meridional da atmosfera, surgindo devido as células de Hadley. A ASAS exerce importante influência no clima da América do Sul, afetando o clima brasileiro tanto no inverno como no verão. Na área de estudo, a ASAS inibe a entrada de frentes no inverno, podendo causar inversão térmica e concentração de poluentes nos grandes centros urbanos (Bastos & Ferreira, 2000). Mudanças na ASAS e na ACAS podem resultar em verões quentes e pouco chuvosos na área de estudo. Isso é o que aconteceu no verão atípico e muito pouco chuvoso de 2013/2014, quando a ACAS ficou mais ao norte, afastando as chuvas do Sudeste, e a ASAS, que é marcada por ventos quentes, causou um bloqueio atmosférico que impediu o espalhamento do ar polar das frentes frias para o interior do continente sul americano.

Em geral, as frentes frias tendem a se deslocar no sentido polo-equador, enquanto as frentes quentes se deslocam no sentido inverso. Na área de estudo, existe uma sazonalidade na ocorrência da passagem de frentes frias, as quais são mais frequentes durante o inverno e menos frequentes durante o verão. Em anos de El Niño, a ocorrência de frentes frias na área de estudo tende a ser maior, ao passo que nos anos de La Niña há uma tendência de menor incidência de frentes frias (Cavalcanti *et al.*, 2009).

#### 3.2.1.2.1.2 - Sistemas Atmosféricos de Mesoescala

Na área de estudo, as tempestades são mais comuns durante o verão. As tempestades ocorrem praticamente em todos os lugares da Terra, mas são mais frequentes nos trópicos (Ayoade, 2002). A duração das tempestades varia geralmente entre uma e duas horas, desenvolvendo-se preferencialmente onde há massas de ar úmidas, quentes e instáveis em camadas verticais com 8.000 metros ou mais. A maior parte das tempestades tem origem convectiva, resultando do intenso aquecimento solar.

### 3.2.1.2.2 - Interações com a Topografia

O clima é um resultado de dinâmicas em diversas escalas, associadas desde a escala planetária e seus ciclos sazonais da translação terrestre, até a condição local influenciada pela superfície terrestre. Nesta escala próxima associada à dinâmica da troposfera, alguns fatores locais têm forte influência. Em primeiro lugar, a continentalidade e maritimidade promovem grandes modificações nos valores de umidade e temperatura. A proximidade com o mar deixa as temperaturas mais amenas, em função da ação reguladora da água. A diminuição considerável da umidade nas porções mais interioranas do continente definem condições de maior amplitude térmica diária e umidade relativa mais baixa.

De fato, a topografia exerce um papel fundamental ao modular determinadas feições da circulação atmosférica na América do Sul, notadamente durante o verão. De modo geral, há variação bem definida na pluviosidade no estado de São Paulo. Na **Figura 3.2.1-2**, pode ser observado o efeito significativo da topografia na precipitação, já que os índices pluviométricos são maiores em regiões com topografia mais acentuada, como a Serra do Mar e a Serra da Mantiqueira. Os altos índices nessas regiões se devem ao efeito da brisa marítima e da circulação vale-montanha, provocados pela proximidade do Oceano Atlântico e pela orientação da costa paulista. Devido à queda da altitude, há um gradiente negativo na direção do interior do estado (Prado *et al.*, 2007).

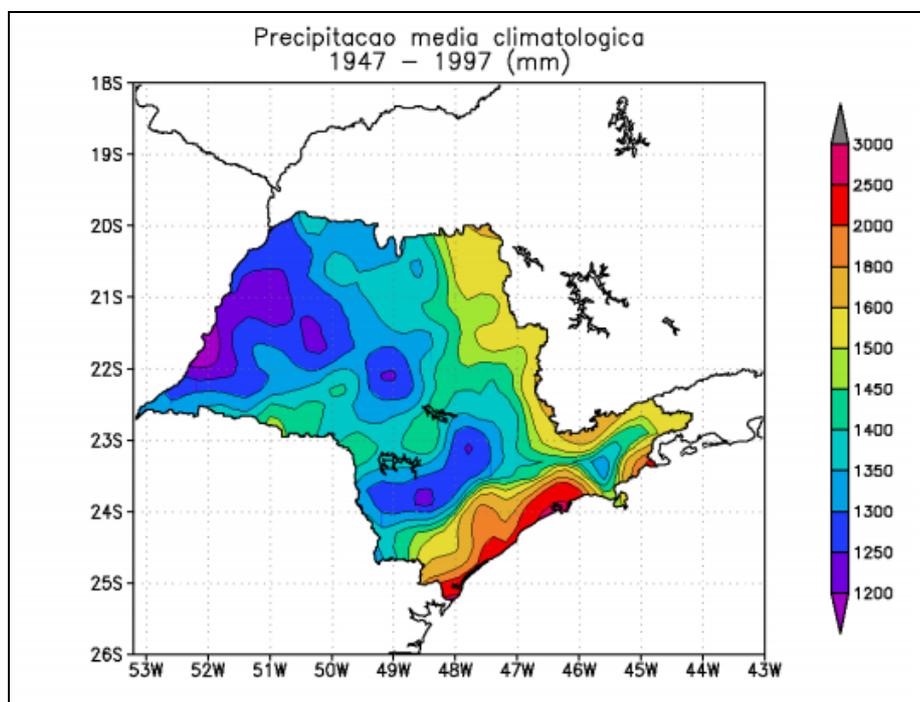


Figura 3.2.1-2 - Distribuição espacial da chuva média anual no Estado de São Paulo no período de 1947 a 1997. A escala de cores indica a acumulação, em mm. Retirado de Prado *et al.* (2007).

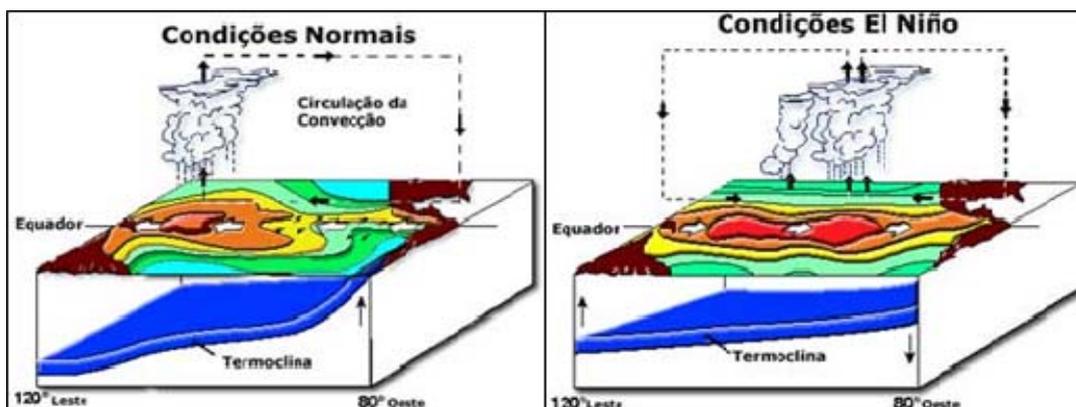
O traçado da LT 500 kV Estreito - Fernão Dias perpassa por um relevo onde intercalam planaltos, depressões e patamares cuestiformes com a presença de terraços, serras alongadas, serras, planícies, morros, morrotes, escarpas e colinas. A variabilidade topográfica presente no traçado faz com que haja um acúmulo de precipitação nas feições representadas pelos Patamares Cuestiformes da Bacia do Paraná, patamares esses que acabam representando anteparos para o acúmulo de nuvens de chuva nesses locais.

### 3.2.1.2.3 - Eventos Extremos

Os eventos extremos que podem ocorrer na região do empreendimento, provocando períodos de seca extrema ou de chuvas acima da média, normalmente estão associados aos episódios de El Niño e La Niña, que são as fases positiva e negativa do fenômeno El Niño/Oscilação Sul (ENOS). O El Niño é um fenômeno atmosférico-oceânico caracterizado pelo aquecimento anormal das águas superficiais do Oceano Pacífico Equatorial.

O El Niño é formado da seguinte maneira: em condições normais, os ventos alísios sopram em direção à costa da Austrália e Indonésia, transportando as águas superficiais mais aquecidas do oceano Pacífico para essa direção. Com isso, as águas mais profundas e frias afloram na costa

oeste da América do Sul, causando o fenômeno de ressurgência. O litoral do Peru é muito influenciado por essa ressurgência, e tem uma atividade pesqueira beneficiada por isso. O acúmulo de águas mais quentes próximo à costa leste da Oceania forma um Centro de Baixa Pressão, induzindo uma circulação conhecida como Célula de Walker. Nessa região ocorre formação de grandes nuvens e fortes chuvas, enquanto a circulação flui em direção à costa oeste da América do Sul, mais seca. Quando ocorre o El Niño, os ventos alíseos diminuem sua intensidade, ocorrendo o acúmulo das águas superficiais mais aquecidas no Pacífico Central. Ocorre, portanto, diminuição das chuvas na Austrália e Indonésia. A temperatura da superfície do mar torna-se mais quente em grande extensão do Oceano Pacífico Central e próximo à costa oeste da América do Sul. Com o aquecimento na parte central do Oceano Pacífico, ocorre o deslocamento da Célula de Walker para essa região, mudando o padrão de circulação (CPTEC, 2012). A Figura 3.2.1-3 apresenta um esquema mostrando a circulação atmosférica em condições normais (sem El Niño) e em condições de El Niño.

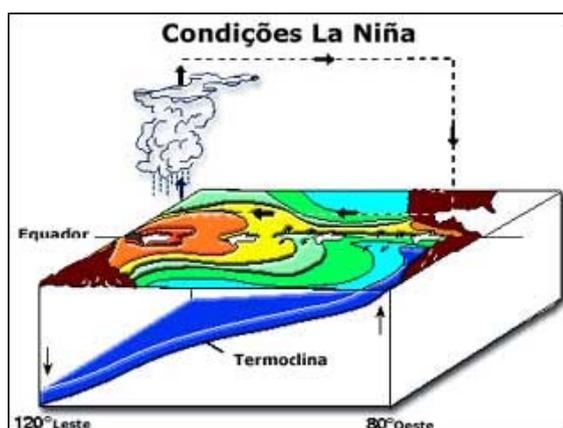


Fonte: Oliveira, 2001.

Figura 3.2.1-3 - Circulação atmosférica em condições normais, e com El Niño.

O fenômeno La Niña torna a Célula de Walker responsável pela circulação atmosférica local mais "alongada", e muito mais intensa, caracterizando incremento no índice pluviométrico nas áreas de convectividade (costa australiana), e decréscimo pluviométrico nas áreas de movimento descendente da Célula de Walker (Costa Americana). Quando ocorre La Niña, os ventos alíseos sopram com maior intensidade, transportando uma grande massa de água para a costa da Austrália. Essa massa d'água, por ser superficial, é mais aquecida. Com isso, o volume de águas profundas e frias que afloram na costa oeste da América do Sul é bem maior. Em geral, o episódio começa a se desenvolver em meados do ano, atinge sua intensidade máxima no final daquele mesmo ano e

dissipa-se cerca de 6 meses depois (Marengo, 2007). Além disso, a temperatura da superfície do mar torna-se mais baixa. A Figura 3.2.1-4 mostra um esquema com a circulação atmosférica em período de La Niña.



Fonte: Oliveira, 2001.

Figura 3.2.1-4 - Condições atmosféricas em período de La Niña.

Um episódio típico de El Niño ou La Niña dura de 12 a 18 meses (CPTEC, 2010). A evolução típica do fenômeno mostra uma tendência de se iniciar no começo do ano, atingindo sua máxima intensidade durante dezembro daquele mesmo ano e janeiro do ano seguinte, vindo a se enfraquecer na metade desse segundo ano. Na região do empreendimento em estudo, os episódios de La Niña e El Niño tendem a promover anomalias menos bem definidas, e ambos possuem potencial de aumentar e/ou diminuir a intensidade de precipitação (Prado *et al.*, 2007). Isso torna essa região um pouco diferente das regiões Nordeste e Sul do Brasil, por exemplo, onde há correlação entre a intensidade do El Niño e a ocorrência de secas e eventos de chuva extrema, respectivamente. No Quadro 3.2.1-2 e Quadro 3.2.1-3 são apresentados os anos de ocorrência e a intensidade que ocorreram os fenômenos El Niño e La Niña, respectivamente.

Quadro 3.2.1-2 - Anos de ocorrência e intensidade do El Niño. Fonte: CPTEC, 2012.

Ocorrência do El Niño	
Anos de ocorrência	Intensidade
1877 - 1878	Forte
1899	Forte
1923	Moderada
1932	Moderada
1951	Fraco

Ocorrência do El Niño	
Anos de ocorrência	Intensidade
1953	Fraco
1963	Fraco
1888 - 1889	Moderada
1896 - 1897	Forte
1902 - 1903	Forte
1905 - 1906	Forte
1911 - 1912	Forte
1913 - 1914	Moderada
1918 - 1919	Forte
1925 - 1926	Forte
1939 - 1941	Forte
1946 - 1947	Moderada
1957 - 1959	Forte
1965 - 1966	Moderada
1968 - 1970	Moderada
1972 - 1973	Forte
1976 - 1977	Fraco
1977 - 1978	Fraco
1979 - 1980	Fraco
1982 - 1983	Forte
1986 - 1988	Moderada
1990 - 1993	Forte
1994 - 1995	Moderada
1997 - 1998	Forte
2002 - 2003	Moderada
2004 - 2005	Fraco
2006 - 2007	Fraco
2009 - 2010	Fraco

Fonte: CPTEC, 2012.

Quadro 3.2.1-3 - Anos de ocorrência do La Niña. Fonte: CPTEC, 2012.

Ocorrência do La Niña	
Anos de ocorrência	Intensidade
1886	Forte
1903 - 1904	Forte
1906 - 1908	Forte
1909 - 1910	Forte
1916 - 1918	Forte
1924 - 1925	Moderada
1928 - 1929	Fraco
1938 - 1939	Forte
1949 - 1951	Forte
1954 - 1956	Forte
1964 - 1965	Moderada
1970 - 1971	Moderada
1973 - 1976	Forte
1983 - 1984	Fraco
1984 - 1985	Fraco
1988 - 1989	Forte
1995 - 1996	Fraco
1998 - 2001	Moderada
2007 - 2008	Forte

Embora os fenômenos de seca e cheia extrema estejam geralmente associados ao ENOS, algumas outras anomalias podem eventualmente causar eventos atípicos. Por exemplo, o verão pouco chuvoso e com temperaturas acima do normal registrado no final de 2013 e início de 2014 não coincidiu com nenhuma anomalia relacionada ao ENOS. Embora os estudos científicos sobre os motivos desse verão atípico ainda estejam em preparação, há indícios de que em 2014 a ACAS ficou mais ao norte, afastando as chuvas do Sudeste, e a ASAS, que é marcada por ventos quentes, causou um bloqueio atmosférico que impediu o espalhamento do ar polar das frentes frias para o interior do continente sul americano. Esse mesmo comportamento da ASAS tem sido apontado como um dos responsáveis pelo verão novamente pouco chuvoso e muito quente observado em 2015, embora ainda não existam estudos científicos sobre o tema.

### 3.2.1.3 - Caracterização Meteorológica

#### 3.2.1.3.1 - Precipitação Pluviométrica

Na região da LT 500 kV Estreito-Fernão Dias, os maiores índices pluviométricos são alcançados nos meses de dezembro e janeiro (verão), ao passo que os menores índices estão associados aos meses de junho, julho e agosto (inverno) (Figura 3.2.1-5). Dentre as estações meteorológicas avaliadas, a precipitação média anual varia entre 1358 mm (Campinas-SP) e 1655 mm (Caldas-MG), com média de 1577 mm. O coeficiente de variação da média é baixo (10%), indicando pouca variação espacial da pluviosidade na área em estudo.

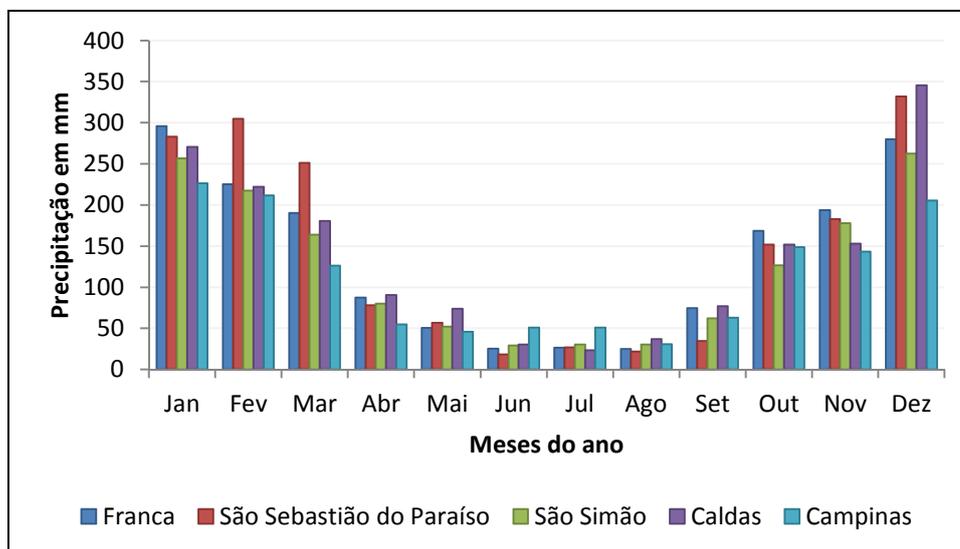


Figura 3.2.1-5 - Precipitação média mensal de 1961 a 1990 nas estações meteorológicas próximas à LT 500 kV Estreito-Fernão Dias e Subestações Associadas.

#### 3.2.1.3.2 - Temperatura do Ar

A temperatura do ar na região da LT 500 kV Estreito-Fernão Dias apresenta menores valores durante os meses de junho e julho (inverno), e maiores valores nos meses de primavera e verão (outubro, novembro, dezembro, janeiro e fevereiro) (Figura 3.2.1-6).

A temperatura média anual oscila entre 18,3 °C em Caldas-MG e 21,8 °C em São Simão-MG (Figura 3.2.1-7). Esses valores estão próximos à média anual (19°C) relatada para a região segundo o Capítulo 3 - Aspectos Geográficos e Climáticos do Projeto Básico da LT. A média das estações na região em estudo é de 20,3 °C, com um desvio padrão de 1,3 °C e um coeficiente de variação de 6%.

A temperatura máxima média anual oscila entre 24,5 °C em Caldas-MG e 29,0 °C em São Simão-MG (Figura 3.2.1-7). A média das estações na região em estudo é de 26,8 °C, com um desvio padrão de 1,7 °C e um coeficiente de variação de 6%.

Já com relação à temperatura mínima média anual, os valores oscilam entre 12,9 °C em Caldas-MG e 16,5 °C em São Simão-MG (Figura 3.2.1-8). A média das estações na região em estudo é de 15,3 °C, com um desvio padrão de 1,4 °C e um coeficiente de variação de 9%.

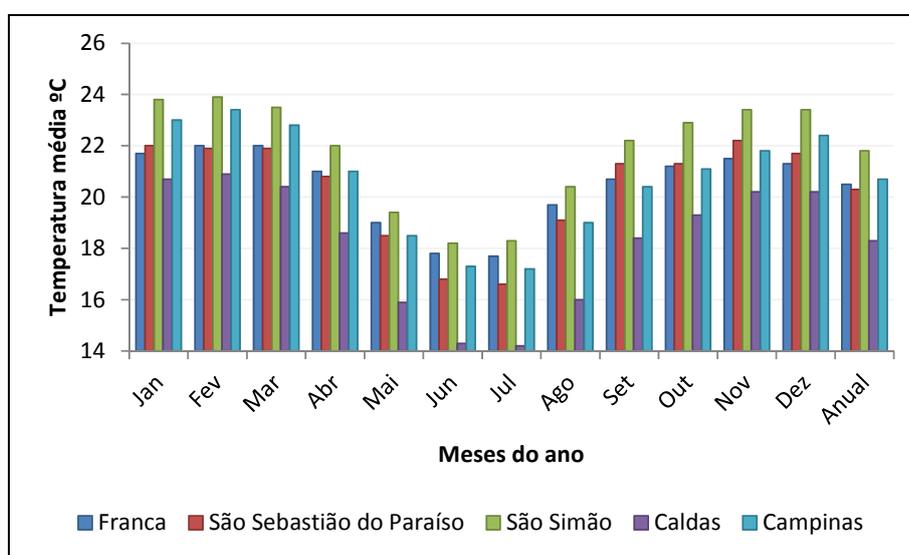


Figura 3.2.1-6 - Temperatura média mensal de 1961 a 1990 nas estações meteorológicas próximas à LT 500 kV Estreito-Fernão Dias e Subestações Associadas.

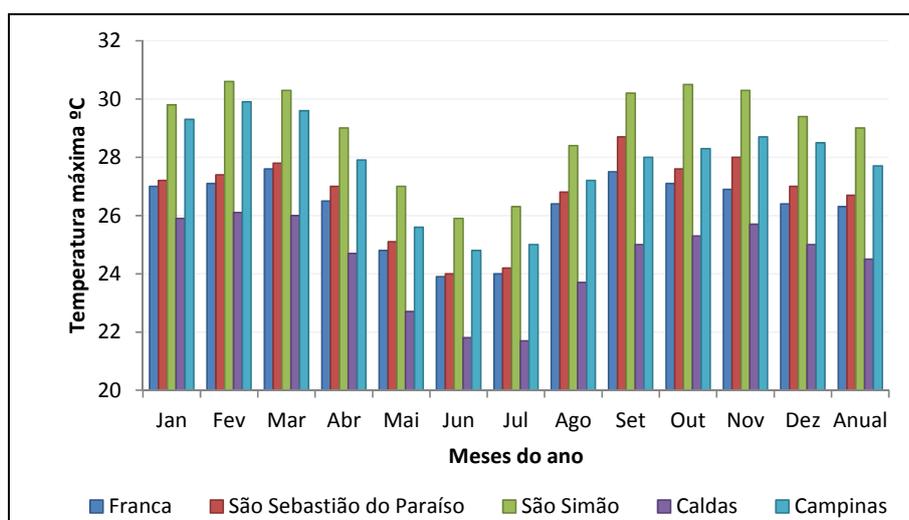


Figura 3.2.1-7 - Temperatura máxima média mensal de 1961 a 1990 nas estações meteorológicas próximas à LT 500 kV Estreito-Fernão Dias e Subestações Associadas.

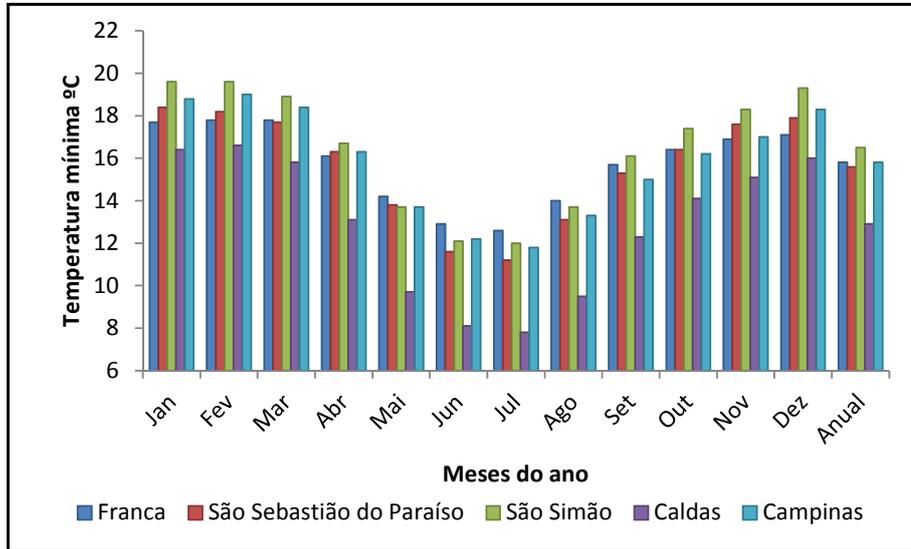


Figura 3.2.1-8 - Temperatura mínima média mensal de 1961 a 1990 nas estações meteorológicas próximas à LT 500 kV Estreito-Fernão Dias e Subestações Associadas.

### 3.2.1.3.3 - Umidade Relativa do Ar

O parâmetro de umidade relativa (UR) mede quão próximo o ar está da saturação, e não a quantidade real de vapor d'água no ar, sendo a razão entre o conteúdo real de vapor d'água (e) e o conteúdo que deveria ter para saturar (es) multiplicados por 100, que corresponde a porcentagem, onde:

$$UR = \frac{e}{es} * 100$$

A umidade absoluta (UA) do ar, quantidade real de vapor d'água no ar, é definida como a massa de vapor d'água (mv), por unidade de volume (V) em m<sup>3</sup>, onde:

$$UA = \frac{mv}{V}$$

É difícil medir diretamente a UA e, por isso, usualmente, mede-se a UR. O aumento ou redução da UR não quer dizer que ocorreu mudança na concentração de vapor d'água no ar, pois a alteração na UR pode vir da alteração da temperatura ambiente, uma vez que a umidade relativa

do ar é inversamente proporcional à temperatura do ar. É importante perceber que, não é apenas a evaporação a responsável pelo teor de umidade relativa do ar.

A umidade relativa do ar, assim como outros parâmetros meteorológicos, pode ser associada aos diferentes tipos de cobertura vegetal, a condições de precipitação, e a condições favoráveis a incêndios florestais em períodos mais secos. A UR é a medida mais utilizada para mensurar a sensação térmica (conforto humano) em dias muito secos ou muito úmidos.

Na região em estudo, a UR apresentou variação sazonal característica com maiores valores em janeiro, os quais foram decrescendo gradualmente até o mês de setembro. A variação sazonal foi menos pronunciada na estação de Caldas-MG. Em Caldas-MG, foi registrada também a maior UR média anual, o que pode estar relacionado às menores temperaturas e maiores índices de pluviosidade (Figura 3.2.1-9) nesse município. A UR média anual oscilou entre 69% em Franca-SP e 80% em Caldas-MG. A média das estações consideradas foi de 73%, com desvio padrão de 4%. Esse valor está em consonância com média anual na região (73%) de acordo com o Capítulo 3 - Aspectos Geográficos e Climáticos do Projeto Básico da LT.

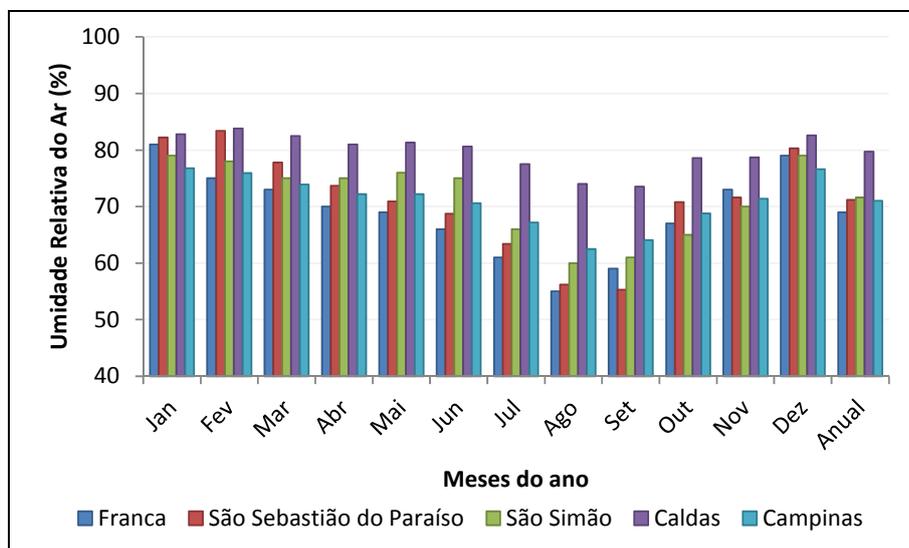


Figura 3.2.1-9 - Umidade relativa do ar média mensal de 1961 a 1990 nas estações meteorológicas próximas à LT 500 kV Estreito-Fernão Dias e Subestações Associadas.

### 3.2.1.3.4 - Pressão Atmosférica

Sob o ponto de vista dinâmico, a pressão atmosférica é um importante elemento de caracterização dos sistemas de circulação de larga e meso-escalas. As variações temporais da pressão atmosférica estão associadas a ciclos bem definidos e às incursões do ar com distintas características termodinâmicas. Numa base diária, pequenas variações ocorrem por conta da chamada “maré barométrica”, resultando em dois momentos de máximos valores relativos entre dois outros momentos de mínimos relativos.

Sazonalmente, os valores de pressão atmosférica em geral são maiores no inverno que no verão, graças à interação de diversos fatores, tais como a posição relativa do sol, proporcionando energia solar incidente de menor intensidade e, por conseguinte, menor convecção continental, associados às maiores intensidades das massas polares migratórias de origem Antártica. No verão, o aquecimento solar mais intensificado incidindo sobre a superfície cria movimentos verticais ascendentes, que podem ou não formar nuvens, contrapondo-se ao peso do ar atmosférico, acarretando na redução da pressão atmosférica sobre a superfície. Na prática meteorológica, a pressão atmosférica é reduzida ao nível do mar para eliminar os efeitos de altitude e torná-la comparável espacialmente, e também para permitir a identificação das configurações dos sistemas atmosféricos.

Na região da LT 500 kV Estreito-Fernão Dias, a pressão atmosférica praticamente não variou sazonalmente, embora tenha havido variação espacial (Figura 3.2.1-10). Os valores foram menores em Caldas-MG (882 hPa) e maiores em São Simão-MG (944 hPa). A média da região foi de 914 hPa, com desvio padrão de 30 hPa, e um coeficiente de variação de 3%. Esse valor está em consonância com a média anual na região (910 hPa) de acordo com o Capítulo 3 - Aspectos Geográficos e Climáticos do Projeto Básico da LT.

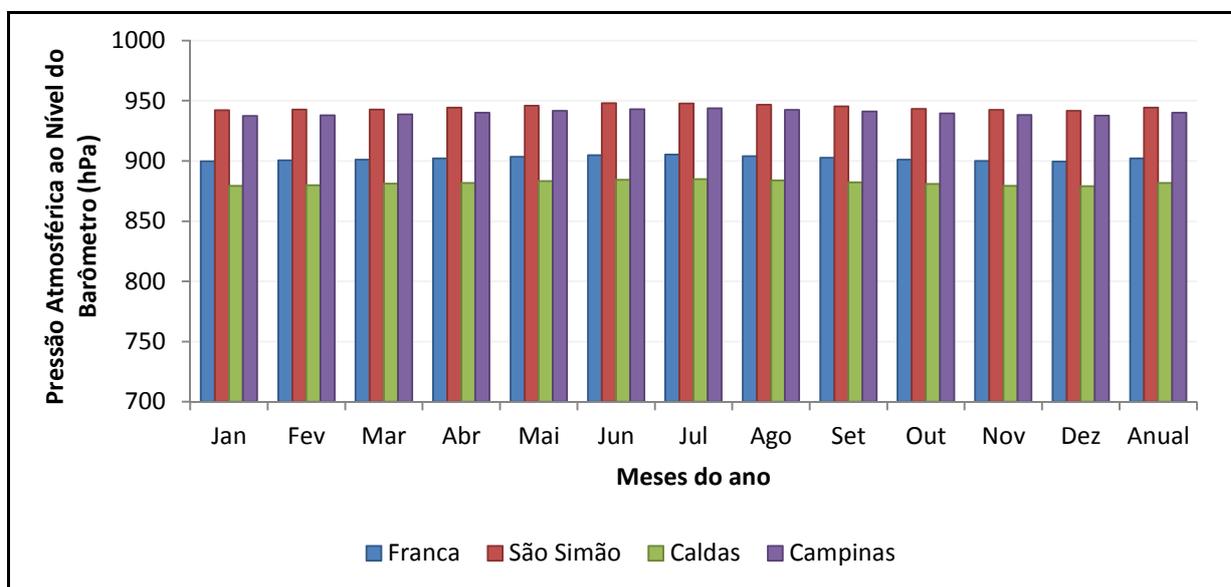


Figura 3.2.1-10 - Pressão atmosférica média mensal de 1961 a 1990 nas estações meteorológicas próximas à LT 500 kV Estreito-Fernão Dias e Subestações Associadas.

### 3.2.1.3.5 - Insolação

A insolação é a radiação solar recebida pela Terra, e sua medição representa a quantidade de horas de brilho solar que uma superfície recebeu. Essa energia que a Terra recebe é imprescindível para a ocorrência dos processos termodinâmicos, como o aquecimento e resfriamento de uma parcela de ar. A energia solar tem sido relacionada às fontes de energia limpa, e que pode ser aproveitada em muitos setores energéticos.

Na região em estudo, a insolação varia sazonalmente, com maiores valores em julho e agosto (inverno) e menores valores em dezembro (verão) (Figura 3.2.1-11). A insolação média anual varia entre 2495 horas em Franca-SP e 2588 horas em São Simão, com média de 2451 horas para a região.

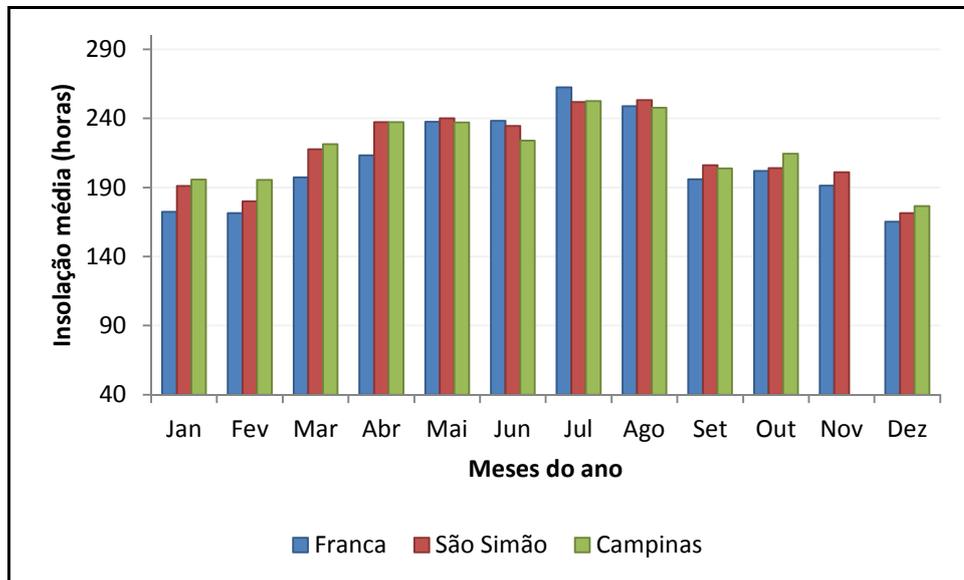


Figura 3.2.1-11 - Insolação média mensal de 1961 a 1990 nas estações meteorológicas próximas à LT 500 kV Estreito-Fernão Dias e Subestações Associadas. O INMET não disponibiliza os valores médios do mês de novembro em Campinas.

### 3.2.1.3.6 - Vento

As diferentes condições de pressão atmosférica fazem com que o ar seja deslocado de uma área de maior pressão para uma área de menor pressão, dando origem aos ventos. Os ventos também são influenciados pelo movimento de rotação da Terra, pela topografia, e, conseqüentemente, do atrito do ar com a superfície. A direção do vento também é muito variável no tempo e no espaço, quando levados em consideração os aspectos geográficos do local, como rugosidade do terreno, topografia, vegetação e época do ano (sazonalidade).

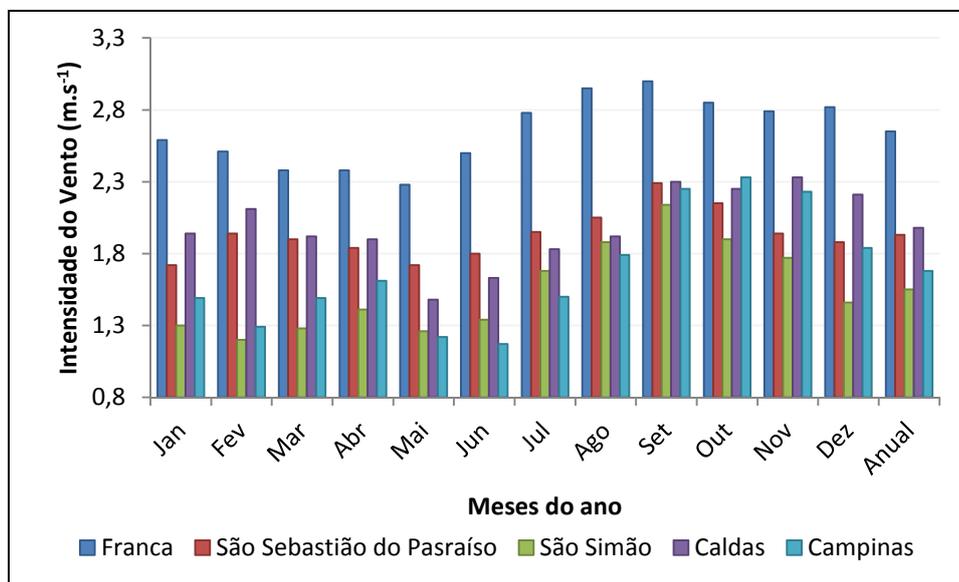
Os dados de direção do vento apontaram que predominam ventos de Nordeste (NE) ou calma, dependendo da localidade e da época do ano (Quadro 3.2.1-4). Em São Simão-MG e Campinas-SP, prevalecem as condições de calma ao longo de todo o ano. Em São Sebastião do Paraíso-MG, os ventos de NE predominam por todo o ano, assim como em Franca-SP (com exceção de janeiro, quando prevalecem ventos de NE). Já em Caldas-MG, há variação sazonal, com prevalência de calma entre abril e julho, e de ventos de NE nos demais meses.

Já com relação à intensidade do vento, os ventos são mais elevados em setembro e outubro, e menos pronunciados nos primeiros seis meses do ano (janeiro a junho) (Figura 3.2.1-12). A estação de Franca-SP é a que apresenta maior intensidade de vento médio anual (2,6 m/s), ao passo que os menores valores são registrados em São Simão-MG (1,5 m/s). Considerando o

conjunto das estações meteorológicas, o vento médio na região é de 2,0 m/s, com desvio de padrão de 0,4 m/s. O coeficiente de variação é de 22%.

**Quadro 3.2.1-4 - Direção predominante (em pontos colaterais) do vento entre 1961 e 1990 nas estações meteorológicas próximas à LT 500 kV Estreito-Fernão Dias.**

Mês	Franca	São Sebastião do Paraíso	São Simão	Caldas	Campinas
Jan	Calmo	NE	Calmo	NE	Calmo
Fev	NE	NE	Calmo	NE	Calmo
Mar	NE	NE	Calmo	NE	Calmo
Abr	NE	NE	Calmo	Calmo	Calmo
Mai	NE	NE	Calmo	Calmo	Calmo
Jun	NE	NE	Calmo	Calmo	Calmo
Jul	NE	NE	Calmo	Calmo	Calmo
Ago	NE	NE	Calmo	NE	Calmo
Set	NE	NE	Calmo	NE	Calmo
Out	NE	NE	Calmo	NE	Calmo
Nov	NE	NE	Calmo	NE	Calmo
Dez	NE	NE	Calmo	NE	Calmo
Anual	NE	NE	Calmo	NE	Calmo



**Figura 3.2.1-12 - Intensidade média mensal do vento de 1961 a 1990 nas estações meteorológicas próximas à LT 500 kV Estreito-Fernão Dias e Subestações Associadas.**

### 3.2.1.3.7 - Nível Ceraúnico

O nível ceraúnico representa a contagem dos dias de trovoadas por ano, ou seja, são registrados os números de dias no ano em que foi ouvido o trovão de ao menos uma descarga (DIAS *et al.*, 2009). Em períodos sazonais de maior temperatura atmosférica, a ascensão do ar forma nuvens convectivas típicas de verão, quando o solo é aquecido mais rapidamente por radiação solar, perdendo para a atmosfera, através da irradiação, o calor armazenado durante o dia. O aumento de convecção está relacionado à formação de nuvens propícias às descargas atmosféricas. Nas regiões tropicais é frequente a incidência de raios. O Brasil é a região com uma das maiores incidências de descargas atmosféricas do mundo devido, principalmente, ao clima quente e sua grande extensão continental.

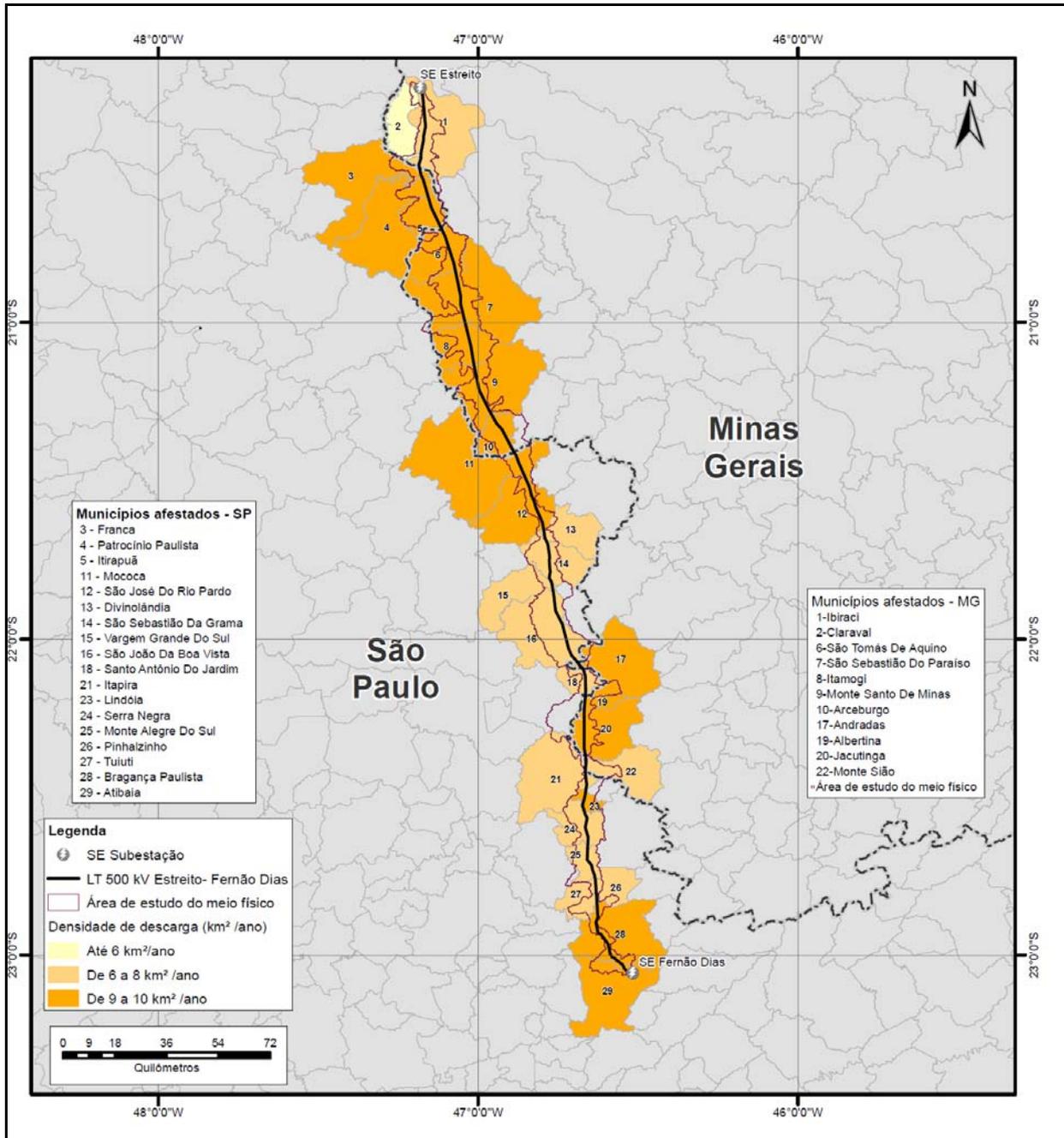
O ELAT (Grupo de Eletricidade Atmosférica) disponibiliza os valores da densidade de descargas atmosféricas por município brasileiro para o período entre 1998 a 2011. A Figura 3.2.1-13 e o Quadro 3.2.1-5 apresenta a densidade de ocorrência de raios por km<sup>2</sup> nos municípios inseridos na região do empreendimento. Considerando todos os municípios, a densidade média é de 7,9 descargas por km<sup>2</sup> por ano. Os valores oscilam entre 5,8 km<sup>2</sup>/ano em Claraval-SP e 9,52 km<sup>2</sup>/ano em Mococa-SP. Nos municípios de Patrocínio Paulista-SP, São Sebastião do Paraíso-MG, Andradas-MG e Santo Antônio do Jardim-SP há registro de uma morte causada por raios no período considerado.

Quadro 3.2.1-5 - Número médio de descargas por km<sup>2</sup> por ano (1998-2011) nos municípios a serem interceptados pelo empreendimento.

Município	Estado	Descargas (km <sup>2</sup> ano <sup>-1</sup> )
Ibiraci	MG	6,69
Claraval	MG	5,88
Franca	SP	8,11
Patrocínio Paulista	SP	8,44
Itirapuã	SP	8,13
São Tomás de Aquino	MG	9,15
São Sebastião do Paraíso	MG	8,56
Itamogi	MG	8,59
Monte Santo de Minas	MG	8,89
Arceburgo	MG	9,17
Mococa	SP	9,52
São José do Rio Pardo	SP	8,15
Divinolândia	SP	7,48
São Sebastião da Gramma	SP	7,83
Vargem Grande do Sul	SP	6,77
São João da Boa Vista	SP	6,75

Município	Estado	Descargas (km <sup>2</sup> ano <sup>-1</sup> )
Andradas	MG	8,1
Santo Antônio do Jardim	SP	7,34
Albertina	MG	9,17
Jacutinga	MG	8,09
Itapira	SP	7,28
Monte Sião	MG	7,73
Lindóia	SP	8,48
Serra Negra	SP	7,53
Monte Alegre do Sul	SP	7,79
Pinhalzinho	SP	7,46
Tuiuti	SP	7,27
Bragança Paulista	SP	8,1
Atibaia	SP	8,27

Fonte: ELAT



Fonte: ELAT.

Figura 3.2.1-13- Número médio de descargas por km<sup>2</sup> por ano (1998-2011) nos municípios a serem interceptados pelo empreendimento.

Para minimizar a ocorrência de desligamentos provocados por raios nas LTs, deverá ocorrer o aperfeiçoamento dos sistemas de aterramento, de modo a reduzir a impedância de aterramento, e o uso de para-raios (ELAT, 2010). Tais técnicas podem ser aplicadas em regiões críticas das linhas onde a incidência de descargas é maior.

As descargas atmosféricas são responsáveis por um grande número de desligamentos das linhas de transmissão e distribuição de energia elétrica, além da queima de um número considerável de transformadores de distribuição. No Brasil, cerca de 70% dos desligamentos na transmissão e 40% na distribuição, são provocados por raios, sendo o número de transformadores queimados em torno de 40% (ELAT, 2010).

Apesar da atividade cerâmica relativamente intensa da região atravessada pela LT, o Projeto Básico (Capítulo 6 - Estudo de Coordenação de Isolamento) prevê um índice de desempenho satisfatório de 0,93 falhas/100 km/ano. Esse baixo índice de falhas se deve ao posicionamento dos para-raios de forma a evitar totalmente as falhas de blindagem e ao projeto de aterramento.

#### 3.2.1.4 - Considerações Finais

Na região da LT 500 kV Estreito-Fernão Dias e Subestações Associadas, os principais sistemas meteorológicos que atuam diretamente são a ZCAS e a ASAS. Os principais eventos extremos que acontecem na região estão associados ao ENOS, ou em casos mais esporádicos a anomalias relacionadas à atuação da ZCAS e da ASAS. Os meses de verão são caracterizados por maiores pluviosidades, temperaturas atmosféricas e umidades relativas do ar. Já os meses de inverno são caracterizados por maior insolação média, temperaturas mais amenas e menor umidade do ar. As maiores intensidades de vento são registradas nos meses de setembro e outubro. Em geral, há pouca variabilidade espacial nos parâmetros meteorológicos na área em estudo.

