

UNESP – UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA
Campus Experimental de Ourinhos

BEATRIZ SIQUEIRA

**Dinâmicas das chuvas e suas diferentes escalas no
estado de São Paulo**

*Trabalho de conclusão de curso apresentado à
Comissão de Avaliação de TCC do Curso de
Graduação em Geografia – Bacharelado, do
Campus Experimental de Ourinhos – UNESP,
como parte das exigências para o cumprimento
da disciplina Estágio Supervisionado e Trabalho
de Graduação no 1º semestre letivo de 2014.*

Orientador: Prof. Dr. Jonas Teixeira Nery

Ourinhos/SP
Maio de 2014

**UNESP – UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA
Campus Experimental de Ourinhos**

BEATRIZ SIQUEIRA

**Dinâmicas das chuvas e suas diferentes escalas no
estado de São Paulo**

*Trabalho de conclusão de curso apresentado à
Comissão de Avaliação de TCC do Curso de
Graduação em Geografia – Bacharelado, do
Campus Experimental de Ourinhos – UNESP,
como parte das exigências para o cumprimento
da disciplina Estágio Supervisionado e Trabalho
de Graduação no 1º semestre letivo de 2014.*

Orientador: Prof. Dr. Jonas Teixeira Nery

Ourinhos/SP
Maio de 2014

Banca examinadora

Prof. Dr. Jonas Teixeira Nery (orientador)

Prof^a. Dr^a. Ana Claudia Carfan

Prof^a. Dr^a. Andréa Aparecida Zacharias

Ourinhos, 9 de maio de 2014

Ao meu pai Aparecido Siqueira Filho que tornou realidade o meu sonho de ser geógrafa. Foi com muita simplicidade, dedicação e carinho que me passou grandes valores para me tornar o que sou hoje.

AGRADECIMENTOS

Agradeço em especial ao meu pai, a quem dedico todo este trabalho, Aparecido Siqueira Filho, o maior amor da minha vida, que sempre acreditou em mim e desde muito cedo me incentivou a estudar e a seguir meu caminho com minhas próprias pernas e fé em Deus. À minha mãe, Renata Aparecida Martins Siqueira, e ao meu irmão, Guilherme Siqueira, que, juntos de meu pai, me deram muito apoio nessa jornada e me fizeram e fazem crer que nada é mais importante do que o amor e a união de uma família.

Às minhas grandes e eternas amigas Michele, Ana Flora e Marília que nunca me deixaram sozinha sequer um momento, juntas descobrimos que a distância não significa nada quando se ama de verdade.

Ao meu melhor amigo Lucas, a pessoa mais linda que já conheci e que nesses 5 anos longe, além de também me ensinar muito sobre o que realmente é distância, me ensinou a sentir saudade de verdade.

Ao meu namorado Ricardo, por todo apoio e compreensão nos dias difíceis do fim dessa etapa e pelo companheirismo, sinceridade e carinho de todo dia.

Ao meu querido orientador e amigo, o Prof. Dr. Jonas Teixeira Nery, por todos esses anos de dedicação, muito me ensinou e ensina não apenas sobre Climatologia, mas também sobre a vida. Foi um imenso prazer e honra poder conhecê-lo e fazer parte de sua rotina.

À Profa. Dra. Ana Cláudia Carfan, grande amiga que também dedicou boas horas de seu tempo para me auxiliar, sempre com disposição e ótimo humor.

À Profa. Dra. Carla Cristina R.G. de Sena, que me fez tomar gosto pela licenciatura e que realiza, todos os dias, um trabalho maravilhoso. Sua paixão pela profissão é admirável, com certeza a melhor professora que tive.

A todos que conheci na UNESP Ourinhos, em especial à Mirella, Rodrigo, Renan, André e Lucas que tornaram meus dias aqui mais alegres e leves e também àqueles que dificultaram minha estadia e paz de espírito, o meu muito obrigada.

A todos os professores e funcionários da Unidade que trabalham diariamente com a finalidade de nos atender e fazer a UNESP Ourinhos funcionar.

“Aqueles que têm um grande autocontrole ou que estão absortos no trabalho, falam pouco. Palavra e ação juntas não andam bem. Repare na natureza: trabalha continuamente, mas em silêncio”.
(MAHATMA GANDHI)

SUMÁRIO

LISTA DE FIGURAS.....	7
LISTA DE TABELAS.....	9
RESUMO.....	10
ABSTRACT.....	11
1 INTRODUÇÃO E JUSTIFICATIVA	12
2 OBJETIVOS	14
2.1 Objetivos gerais	14
2.2 Objetivos específicos	15
3 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA	15
3.1 Breve contextualização da área de estudo	15
3.2 Caracterização da área de estudo.....	18
3.3 O Estado de São Paulo.....	20
3.4 Zona de Convergência Intertropical.....	22
3.5 Zona de Convergência do Atlântico Sul.....	23
3.6 El Niño Oscilação Sul.....	25
3.7 La Niña.....	28
3.8 Caracterização da pluviosidade no estado de São Paulo.....	30
3.8.1 A interferência da precipitação na agricultura no estado de São Paulo.....	40
3.9 Cálculos e análises do Índice de Concentração de Chuva (CI) e Índice de Precipitação Concentrada (PCI).....	43
4 MATERIAL E MÉTODO.....	45
4.1 Material.....	45
4.2 Método.....	46
4.2.1 Seleção da área de estudo.....	46
4.2.2 Elaboração de Mapas de Isolinhas pluviométricas.....	47
5 RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	47
5.1 Mapas de Pluviosidade.....	47
5.2 Estimativa dos índices de chuva.....	60
5.2.1 O Índice de Concentração (CI) no estado de São Paulo.....	60
5.2.2 O Índice de Precipitação Concentrada (PCI) no estado de São Paulo.....	63
6 CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	66
7 REFERÊNCIAS.....	67

LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Rota das monções entre os séculos 18 e 19.....	16
Figura 2: Mapa político da região Sudeste do Brasil.....	19
Figura 3: Mapa geográfico do estado de São Paulo.....	21
Figura 4: Formação e conservação dos solos – região Sudeste.....	22
Figura 5: Distribuição das precipitações pluviométricas no estado de São Paulo - média anual de 1976 a 2010.....	36
Figura 6: Tipos de desastres naturais ocorridos no Brasil (1900-2006)	36
Figura 7: Distribuição das ocorrências de desastres naturais ocorridos no Brasil (1900-2006)	37
Figura 8: Mapa das estações meteorológicas diárias do estado de São Paulo, utilizadas na análise e construção dos mapas de isolinhas de precipitação.....	46
Figura 9: Mapa da precipitação médias do estado de São Paulo, de 1970 a 2010, de acordo com as 59 estações pluviométricas utilizadas nos cálculos e análises do CI e PCI.....	48
Figura 10: Mapa do desvio padrão da precipitação média do estado de São Paulo, de 1970 a 2010.....	49
Figura 11: Mapa do coeficiente de variação, em porcentagem, da precipitação média do estado de São Paulo, de 1970 a 2010.....	50
Figura 12: Mapa dos dias de precipitações pluviométricas diárias no estado de São Paulo, em 1976.....	50
Figura 13: Mapa de distribuição da quantidade em milímetros das precipitações pluviométricas no estado de São Paulo, em 1976.....	51
Figura 14: Mapa dos dias de precipitações pluviométricas diárias no estado de São Paulo, em 1982.....	52
Figura 15: Mapa de distribuição da quantidade em milímetros das precipitações pluviométricas no estado de São Paulo, em 1982.....	52
Figura 16: Mapa dos dias de precipitações pluviométricas diárias no estado de São Paulo, em 1983.....	53
Figura 17: Mapa de distribuição da quantidade em milímetros das precipitações pluviométricas no estado de São Paulo, em 1983.....	53
Figura 18: Mapa dos dias de precipitações pluviométricas diárias no estado de São Paulo, em 1985.....	55
Figura 19: Mapa de distribuição da quantidade em milímetros das precipitações pluviométricas no estado de São Paulo, em 1985.....	56
Figura 20: Mapa dos dias de precipitações pluviométricas diárias no estado de São Paulo, em 1997.....	57
Figura 21: Mapa de distribuição da quantidade em milímetros das precipitações pluviométricas no estado de São Paulo, em 1997.....	57

Figura 22: Mapa dos dias de precipitações pluviométricas diárias no estado de São Paulo, em 2005.....	58
Figura 23: Mapa de distribuição da quantidade em milímetros das precipitações pluviométricas no estado de São Paulo, em 2005.....	58
Figura 24: Mapa dos dias de precipitações pluviométricas diárias no estado de São Paulo, em 2010.....	59
Figura 25: Mapa de distribuição da quantidade em milímetros das precipitações pluviométricas no estado de São Paulo, em 2010.....	60
Figura 26: Curva de Lorenz, referente à estação meteorológica de número 5, representando os dias de precipitação acumulados contra quantidade de precipitação acumulada no estado de São Paulo, de 1970 a 2010.....	61
Figura 27: Mapa do Índice de Concentração (CI) da precipitação no estado de São Paulo, com intervalo de 1 milímetro, de 1970 a 2010.....	62
Figura 28: Mapa do Índice de Concentração (CI) da precipitação no estado de São Paulo, com intervalo de 5 milímetros, de 1970 a 2010.....	62
Figura 29: Mapa do Índice de Concentração (CI) da precipitação no estado de São Paulo, com intervalo de 10 milímetros, de 1970 a 2010.....	63
Figura 30: Mapa do Índice de Precipitação Concentrada (PCI) da precipitação no estado de São Paulo, com intervalo de 1 milímetro, de 1970 a 2010.....	64
Figura 31: Mapa do Índice de Precipitação Concentrada (PCI) da precipitação no estado de São Paulo, com intervalo de 5 milímetros, de 1970 a 2010.....	65
Figura 32: Mapa do Índice de Precipitação Concentrada (PCI) da precipitação no estado de São Paulo, com intervalo de 10 milímetros, de 1970 a 2010.....	65

LISTA DE TABELAS

Tabela 1: Períodos de ocorrência de Zona de Convergência do Atlântico Sul (ZCAS).....	25
Tabela 2: Anos de El Niño e suas intensidades.....	28
Tabela 3: Anos de La Niña e suas intensidades.....	30

RESUMO

Os sistemas atmosféricos tropicais influenciam diretamente na dinâmica das chuvas, no sudeste do Brasil. O tempo meteorológico apresenta uma grande variabilidade, o que ocasiona chuvas mais ou menos intensas, no que diz respeito à posição geográfica e está diretamente relacionado com o ar que respiramos, com o alimento e água que consumimos. Algumas variáveis como características do solo, orografia, vegetação, ação do relevo, e bacias hidrográficas acarretam essa variabilidade na distribuição espacial da pluviosidade. A distribuição geográfica da chuva também depende de outros fatores como a latitude, altitude e estações do ano. A consideração de todos esses fatores nos estudos sobre a dinâmica da precipitação pluvial é de extrema importância para a sua caracterização. Dessa forma, a finalidade desta pesquisa é estudar a dinâmica das chuvas no estado de São Paulo, a influência que certos fenômenos meteorológicos têm sobre estas e da estimativa de índices de concentração, bem como as consequências positivas e negativas para o território paulista.

Palavras Chave: precipitação pluvial, estado de São Paulo, fenômenos meteorológicos, variabilidade.

ABSTRACT

The tropical weather systems directly influence the dynamics of rains in southeastern Brazil. The time weather has a great variability, which causes more or less intense rainfall, with regard to the geographical position and is directly related to the air we breathe, to the food and water we consume. Some variables such as soil characteristics, topography, vegetation, relief action, and watersheds that cause variability in the spatial distribution of rainfall. The geographical distribution of rainfall also depends on other factors such as latitude, altitude and seasons. The consideration of all these factors in studies of the dynamics of rainfall is of utmost importance for its characterization. Thus, the purpose of this research is to study the dynamics of rainfall in the state of São Paulo, the influence of certain meteorological phenomena have on these and the estimated concentration indices as well as the positive and negative consequences for the state territory.

Keywords: rainfall, state of São Paulo, meteorological phenomena, variability.

1 INTRODUÇÃO E JUSTIFICATIVA

Devido à sua localização latitudinal, o regime de precipitação pluvial da região Sudeste do Brasil atua em dois tipos diferentes de sistemas atmosféricos: aqueles associados a características tropicais, originários na região amazônica e que ocasionam precipitação do tipo convectivo, e também os sistemas típicos de latitudes médias, que ocasionam precipitações do tipo ciclônico. Essa característica possibilita uma distribuição uniforme de chuvas com uma média anual em torno de 1.500 e 2.000 mm.

Segundo Quadro et al. 1996, dois núcleos máximos são registrados na região Sudeste do Brasil Central e no litoral da região Sudeste, enquanto no norte de Minas Gerais verifica-se uma relativa escassez de chuvas ao longo do ano.

Esses dois sistemas diferentes combinados fazem com que as chuvas de São Paulo apresentem valores extremamente altos como as da Serra do Mar (mais de 2.000 mm anuais), na parte oriental do estado de São Paulo, até chuvas menos altas como os da depressão periférica (de 1.000 a 1.100 mm anuais), na parte centro-oeste do estado.

De acordo com Malvestio (2008, p.17), “precipitação é o nome dado a toda e qualquer forma de deposição líquida ou sólida derivada da atmosfera”. “[...] Contudo, somente a chuva e a neve contribuem significativamente para com os totais de precipitação” (AYOADE, 2007, p. 159). A precipitação é um dos elementos fundamentais para o funcionamento do ciclo hidrológico, necessário à vida existente no planeta Terra. A ocorrência de chuva e neve possui grande variabilidade referente à intensidade, quantidade, frequência e, principalmente, a distribuição espacial e temporal dessa variável em uma determinada localidade.

A precipitação atmosférica constitui o ramo descendente do ciclo hidrológico cujo regime é determinado por suas características físicas, topográficas, geológicas e por seu clima, além da precipitação e evaporação, que contribuem diretamente para o balanço hídrico. A precipitação pluviométrica é importante devido apresentar uma distribuição espacial e temporal com influência na evaporação, a qual reduz o escoamento superficial, retirando grande quantidade de água das superfícies líquidas incorporando novamente à atmosfera (AMORIN, 2002, p.72).

O Brasil é um país que possui variabilidade climática muito grande e isso se deve à sua extensão. As terras brasileiras estão sob o domínio de baixas e altas latitudes, o que o caracteriza como um país extremamente diverso no que diz respeito à precipitação pluvial e temperatura, proporcionando paisagens e espaços particulares.

Na porção norte do Brasil verifica-se um clima equatorial chuvoso, quase sem estação seca. Na porção nordeste a estação chuvosa dura apenas alguns meses com baixa pluviosidade, caracterizando um clima semiárido. As regiões Sudeste e Centro-Oeste

“sofrem influência tanto de sistemas tropicais quanto de latitudes médias, com estação seca bem definida no inverno e estação chuvosa no verão, com a presença de chuvas convectivas” (NERY, 2005)

No que diz respeito à temperatura, há climas mais quentes ao norte e mais amenos no sul do Brasil. As variações da temperatura ao longo do ano são extremamente importantes para a definição do clima na região. Segundo Malvestio (2008) “no continente sul americano um dos principais condicionantes do aquecimento atmosférico e da consequente formação de nuvens convectivas é a presença da Amazônia”.

Para Oliveira (1986) “características como a localização dos Andes em seu limite ocidental, se apresenta como uma barreira natural ao escoamento predominante dos alísios nos baixos níveis”.

Os frequentes episódios pluviométricos atuantes na região Central da América do Sul, desde o extremo noroeste amazônico até o sudeste do Brasil, que possuem durações de até três dias recebem o nome de Sistema ou Complexo Convectivo de Mesoescala (MCC) e quando o período da permanência supera quatro dias eles passam a ser denominado de Zona de Convergência do Atlântico Sul (ZCAS). Neste sentido, o estudo climatológico das variáveis que influenciam nas características momentâneas da atmosfera é de extrema importância, tendo em vista que a ocorrência de anomalias nesses componentes será refletida em impactos numa determinada região (MANTOVANI, 2008, p.22).

Silva Dias e Da Silva (2009) complementam as informações sobre as características pluviométricas da região Sudeste quando explicam que o clima local de uma determinada região é determinado pelo regime de chuvas da mesma. As chuvas são resultado final de uma série de eventos com escala de tempo e espaço diferenciados, de modo que determinadas chuvas possam vir a ocorrer por uma mistura de fatores locais e remotos. É importante salientar também que as chuvas em uma região podem afetar de algum modo o tempo em outras. A esse mecanismo de interação à distância dá-se o nome de teleconexões e está baseado em três processos distintos: as ondas atmosféricas, a continuidade de massa e a mudança de fase da água da fase gasosa para líquida e/ou sólida.

Segundo Marengo (2006) na região Sudeste do Brasil existem duas estações bem definidas, uma seca e outra chuvosa. A estação chuvosa possui um regime do tipo monção, com períodos chuvosos em que domina a Zona de Convergência do Atlântico Sul (ZCAS) e períodos secos (os veranicos), nos quais os regimes de chuva são melhor organizados. No inverno, devido a algumas frentes frias que atingem a região Sudeste, pode-se observar ocasionalmente a presença de geadas.

A Zona de Convergência do Atlântico Sul ZCAS pode ser definida como uma faixa de nebulosidade no sentido noroeste-sudeste (NO-SE), associada a uma zona de convergência

na baixa troposfera que se estende desde o sul da Amazônia até a região do Atlântico Subtropical na primavera e verão (setembro a março), quando há maior convecção tropical na América do Sul.

As ZCAS são facilmente identificadas por imagens de satélite (KOUSKY, 1988) ou em padrões de distribuição da radiação de onda longa (CARVALHO et al. 1989, citado por SILVA, 2006, p.21). Os mecanismos de gênese e manutenção das ZCAS não foram totalmente definidos, porém a presença da convecção tropical (CT) sobre o continente sul americano foi considerada, por muitos estudiosos, a condição básica para a formação das ZCAS.

Kodama (1993) faz referência a duas condições de grande escala para a ocorrência das ZCAS: o escoamento do ar quente e úmido, em baixos níveis, em direção às altas latitudes e a presença do Jato Subtropical (JST) em altos níveis, fluindo em latitudes subtropicais. Outras pesquisas destacam a presença de sistemas atmosféricos como a Alta Subtropical do Atlântico Sul (ASAS) e a Alta da Bolívia (AB).

Em conjunto com a Cordilheira dos Andes, estes sistemas favorecem a manifestação e interferem no posicionamento das bandas de nebulosidade sobre a América do Sul. A existência dos Andes, ao leste amazônico provoca uma curvatura no giro dos ventos alísios que são forçados a tomarem a direção sul-sudeste. Esse fato significa que a umidade pode ser transportada da região base (Amazônia) para a ZCAS (QUADRO, 1994, p. 40).

Estudos mostram que a Zona de Convergência do Atlântico Sul tende a se posicionar mais ao norte, no início do verão, deslocando-se posteriormente para o sul contribuindo para a formação de distintas paisagens e espaços, influenciando assim na interação entre homem e natureza.

Sendo assim, a finalidade dessa pesquisa consiste em estudar as influências que fenômenos meteorológicos como o El Niño, o La Niña e as Zonas de Convergência do Atlântico Sul exercem sobre a dinâmica das chuvas no estado de São Paulo em diferentes escalas, de modo a evidenciar o comportamento da precipitação em diferentes pontos do território paulista através das isolinhas e da estimativa de índices de concentração de chuva.

2 OBJETIVOS

2.1 Objetivo geral

O objetivo geral deste trabalho é estudar e analisar a precipitação pluvial do estado de São Paulo e discorrer sobre os efeitos positivos e negativos que esta causa ao território paulista quando em excesso ou escassez.

2.2 Objetivos específicos

- Elaborar mapas de isoietas para os anos 1976, 1982, 1983, 1985, 1997, 2005 e 2010, que estão inserido no período estudado, de 1970 a 2010.
- Calcular a quantidade de dias que choveu em cada ano e a quantidade de precipitação pluvial;
- Analisar a dinâmica das chuvas em todo o território paulista a partir dos anos selecionados e de acordo com os mapas;
- Relacionar os mapas confeccionados com as características pluviométricas do estado de São Paulo e fazer uma análise de como o território recebe e reage a essas variações;
- Calcular, analisar e elaborar mapas de isolinhas para os valores do Índice de Concentração (CI) e Índice de Precipitação Concentrada (PCI), para o mesmo período (1970 a 2010).

3 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

3.1 Breve contextualização da área de estudo

De acordo com Araki (2012), as primeiras impressões sobre o clima de São Paulo e do Brasil podem ser datadas desde 1513, quando João Ramalho (aventureiro português que naufragou na futura capitania de São Vicente, hoje estado de São Paulo por volta de 1513 e posteriormente ajudou na fundação da mesma junto com Martim Afonso de Sousa) foi o primeiro homem branco a percorrer a escarpa da Serra do Mar. Segundo Bruno (1966), quando Ramalho venceu a floresta fechada e chegou aos campos cobertos que seriam chamados de Piratininga, encontrou um clima bem diverso (lembrando os ares temperados de Portugal) em relação ao da baixada marinha. Os povoadores vicentinos contavam, para alimentação, com os produtos da caça (animais selvagens) e da pesca, além de dispor da carne de porco e de boi. Segundo testemunho da época (Tempo dos Pioneiros), por ser mais fria, ou seja, de clima mais ameno, a carne de boi seria mais gorda e gostosa em relação à carne das demais Capitâneas.

O traçado da estrada de Cubatão, ligando os campos cobertos de Piratininga ao litoral paulista, assinala Sampaio (1978, p.66), foi modificado mais de uma vez pelos governadores em 1533 (conhecido como o caminho do Padre José, em alusão a Anchieta, que construiu com auxílio dos índios Guaianases e do português Afonso Sardinha), devido às chuvas tempestuosas e frequentes que desmoronavam a estrada, oferecendo perigo aos usuários (ARAKI, 2012, p. 42).

Holanda (1994, p. 244) afirma que as primeiras impressões do clima em terras brasileiras foi por meio das cartas escritas pelo Padre Manuel da Nóbrega, pouco mais de quatro meses após chegada à Bahia em 1549 “[...] é terra muito fresca, de inverno

temperado, e o calor do verão não se sente muito [...]”, descrição que corresponde e corrobora com outros sobre a bondade dos ares, da sanidade da terra, da abundância e variedade do mantimento e à boa temperança do clima, particularmente no tempo de verão, uma alusão ao paraíso terrestre. O autor lembra o fato de o Padre ter chegado aos últimos dias de março, assim não teria conhecido o ápice do calor da Bahia. Anos mais tarde, em 1557, Jean de Léry, missionário e escritor francês que passou dez meses no Brasil, escreveu que a bondade do ar e do clima era responsável pela longevidade dos indígenas nas terras do Guanabara.

Jean Léry (1957) ainda fornece outras informações sobre as características climáticas das terras brasileiras. Em 1556, o missionário permaneceu, aproximadamente, um ano na colônia francesa localizada na baía de Guanabara, atual Rio de Janeiro, e, comparando tal local com a Europa, escreveu que não havia neve, nem granizo e que as árvores estavam sempre verdes. Léry (1957) ainda contou que os dias não são tão curtos e nem tão longos como na Europa e que as estações eram mais temperadas, embora os “antigos” pensassem o contrário. O autor se refere dessa forma em função da crença existente sobre a impossibilidade de vida humana numa terra ao sul do Equador.

Posteriormente, em 1720, surgem alguns apontamentos sobre o clima na época das monções e expedições fluviais. Após descoberta de minério em Cuiabá, as distantes minas (Figura 1) passaram a ser abastecidas pelos paulistas por meio das monções. Tratava-se de expedições fluviais povoadoras e mercantis entre as capitanias de Mato Grosso e São Paulo, que partiam do porto de Ararituaguaba, hoje Porto Feliz, navegando pelo rio Tietê e pela rede de afluentes do rio Paraná e do rio Paraguai até o rio Cuiabá. O nome “monções” foi dado num paralelismo com o regime de ventos que favorecia as viagens de Lisboa para o Oriente. Nas monções fluviais de Porto Feliz a Cuiabá, no entanto, se aproveitavam as facilidades de navegar com os rios cheios, entre março e junho (KEATING e MARANHÃO, 2008, p.174).

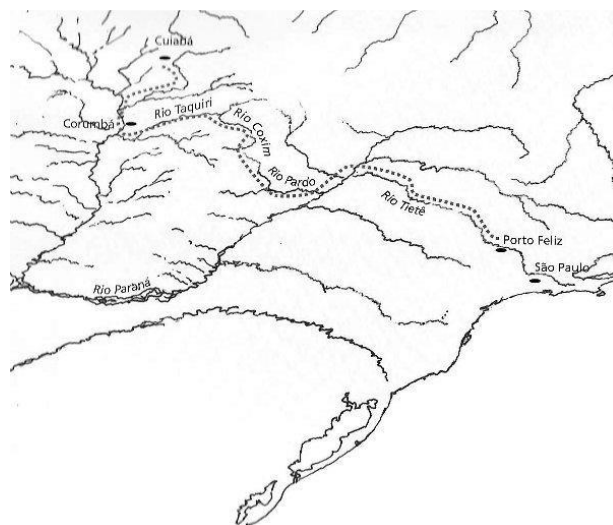


Figura 1: Rota das monções entre os séculos 18 e 19
Fonte: Keating e Maranhão (2008)

O historiador paulista Affonso d'Escragnolle Taunay fez alguns relatos nos quais, dentre outros fatos, contava que estas viagens demoravam de cinco a dez meses, realizadas em grandes canoas com apenas um tronco de árvore de aproximadamente 12 a 15 metros de comprimento, escavado pelo fogo e pelo machado, de acordo com costumes indígenas. Devido à grande quantidade de neblinas, que escondiam os perigos do rio, era mais comum navegar das oito da manhã às cinco da tarde. As observações sobre o clima se referem no sentido de percepção coletiva das pessoas sobre a situação presente ou o ar respirado (TAUNAY, 1981, p.260), como na descrição quando sobre o nível da água do rio Tietê, que diminuía na época de seca “[...] e depois abaixando ficam estas águas represadas, cheias de imundícies, bichos e caças mortas que apodrecendo tudo faz seu clima ser doentio [...]”.

Devido às chuvas constantes durante as incursões, as canoas foram cobertas por toldos para evitar que os gêneros transportados chegassem ao destino completamente arruinado, a exemplo do que acontecia nas embarcações do Velho Mundo (TAUNAY, 1981).

Juzarte (1999) alguns episódios de eventos extremos durante a expedição como uma forte tempestade com raios, trovões e muita chuva que obrigou as 36 embarcações que partiram de Porto Feliz, em 10 de março de 1976, a embicar no barranco do rio sem possibilidade de saltar em terra, muitas árvores foram despedaçadas e desgalhadas.

Holanda (1945) descreve que densos nevoeiros se acumulavam sobre os rios durante a tarde e pela manhã e, algumas vezes, até o meio dia, o que impedia que os horários das viagens fossem prolongados. Novas vias de comércio foram abertas em direção ao norte do território nacional e, assim, muito pilotos e práticos acabaram por abandonar o caminho de Porto Feliz e Cuiabá, causando o início do declínio das monções.

O diário de expedição de Langsdorff que passou pelo território paulista entre 1825 e 1826 também consiste em uma interessante fonte de dados sobre explorações fluviais. Langsdorff realizava observações meteorológicas e estudos botânicos, zoológicos, entomológicos (coleções científicas formadas por insetos), geológicos e etnográficos (método utilizado pela antropologia na coleta de dados, por meio de contato intersubjetivo entre o antropólogo e seu objeto de estudo, ou seja, uma tribo ou grupo social).

De acordo com Becher (1990, p. 40), em agosto de 1817, em uma carta que escreveu para um amigo na Alemanha, Langsdorff descreveu a América do Sul: “[...] o clima e os produtos das diversas regiões da América do Sul são, de acordo com a posição do país, tão variados quanto o norte da Europa e até mais. Aqui existem zonas temperadas e quentes, terras secas e úmidas, altas cadeias de montanhas e planícies baixas, florestas virgens e estepes [...]”. Segue a carta “[...] na província do Rio de Janeiro, as seivas das plantas não congelam. Eternamente cobertas pelo verde, as sombrejantes árvores, enfeitadas por flores desconhecidas de maravilhosas formas, alegam o peregrino atento a

cada passo e em qualquer época do ano. O inverno corresponde a um verão no norte da Europa, o verão é uma contínua primavera e a primavera e o outono se tornam inverno e verão imperceptivelmente [...].”

3.2 Caracterização da área de estudo

A região Sudeste do Brasil possui um alto contingente populacional bem como alta densidade demográfica, respondendo por uma parcela significativa das atividades econômicas exercidas no país. Segundo uma estimativa elaborada pelo Ministério da Saúde (Datasus), a região conta com 78.472.017 habitantes, sendo assim, correspondente a 42,6% do total populacional de todo o Brasil. Essa intensa concentração populacional faz do sudeste uma região muito sensível às condições climáticas, já que estas condicionam importantes atividades econômicas como a agropecuária, abastecimento urbano e geração de energia.

Com 924.935 km² de área e se estendendo entre 14° a 25° de latitude Sul aproximadamente, a região Sudeste possui uma posição geográfica estratégica, pois está localizada na borda oriental da América do Sul, atravessada pelo Trópico de Capricórnio e com a maior parte de suas terras nos trópicos (NUNES, VICENTE & CANDIDO, 2009, p. 243).

Levando em conta o ponto climático, a posição geográfica da região Sudeste do país pode ser traduzida por um fluxo considerável de energia ao longo do ano com precipitações distribuídas de forma extremamente irregular, evaporação elevada mais ao norte e em regiões continentais e uma participação importante de eventos anticiclônicos. Essas características permitem que a região Sudeste apresente uma variada cadeia de regimes climáticos que vão do tropical ao subtropical. De acordo com Nunes et. al. (2009, p. 422), “trata-se de uma vantagem natural da região, que assim, apresenta grandes potencialidades pelas inter-relações que se estabelecem entre seus variados domínios geomorfológicos, tipos climáticos e biodiversidade”.

Sobre o relevo da região em questão, o gradiente varia desde o nível do mar até níveis superiores a 2.000 m, característica refletida nos padrões de temperatura e precipitação. O sudeste brasileiro está localizado nas terras mais altas do país abrangendo as Serras do Mar (ao leste da região), da Mantiqueira (entre São Paulo, Rio de Janeiro e Minas Gerais) e da Canastra e do Espinhaço, no estado de Minas Gerais. Ainda na região Sudeste estão localizados o segundo e o terceiro pontos mais altos do país, os picos da Bandeira e das Agulhas Negras.

A distribuição espacial e temporal da precipitação é o fator mais importante da região Sudeste, pois exerce influência direta nos aspectos físicos, biológicos e socioeconômicos.

As precipitações apresentam enorme variação inter e intra-anual, devido à influência de condições locais como topografia, usos da terra.



Figura 2: Mapa político da região Sudeste do Brasil
Fonte: www.geomapas.net.br

Na região Sudeste do país, encontram-se os subtropicais que sofrem influência de latitudes médias e dos trópicos, possuem uma estação seca bem definida (no inverno) e estação chuvosa de verão com chuvas convectivas, além disso, na maior parte do ano, os sistemas frontais são os causadores das chuvas.

O clima de determinada região consiste no resultado da interação da circulação geral da atmosfera com as características locais, podendo ou não apresentar variações segundo a época do ano. Desse modo, pode-se concluir que o clima não pode ser alterado em períodos curtos de tempo. Entretanto, as variações do tempo de uma determinada região dependem:

- Da grande escala: representando o ambiente médio (relacionado à época do ano) e a penetração de sistemas frontais (da ordem de alguns dias);
- Da meso e pequena escala: caracterizado pelas condições locais e os correspondentes movimentos atmosféricos induzidos (da ordem de poucas dezenas de horas).

A região Sudeste apresenta superfícies sedimentares de 500 a 1.200 m de altitude, sendo a Serra do Mar com aproximadamente 2.200 m e a da Mantiqueira com 2.700 m de altitude. No verão as temperaturas médias são de, aproximadamente, 24°C, exceto em áreas mais elevadas; e, no inverno, em função da penetração de massas frias, 10°C

aproximadamente. A precipitação na região Sudeste é regida especialmente pelo relevo, influências marítimas e instabilidades atmosféricas.

3.3 O estado de São Paulo

O território paulista (Figura 3) ocupa uma área de 248.222,801 km² e se encontra entre o sul e o sudeste da região Sudeste do Brasil que também possui os estados de Minas Gerais (norte e nordeste), Rio de Janeiro (nordeste), Paraná (sul), Mato Grosso do Sul (oeste) e o oceano Atlântico (leste) como limites. Com aproximadamente 85% de sua superfície localizada entre 300 e 900 metros de altitude, São Paulo possui um relevo relativamente elevado em relação ao do território nacional, cuja média é de, aproximadamente, 600 metros (IBGE, 2010).

Ainda de acordo com o IBGE (2010), a população do estado de São Paulo é de, aproximadamente, 41.262.199 habitantes que residem em 645 municípios. As principais cidades da região metropolitana de São Paulo são: São Paulo, Guarulhos, Osasco, Santo André, São Bernardo do Campo, São Caetano e Diadema. No interior do território paulista merecem destaque as cidades: São José dos Campos, Campinas, Ribeirão Preto, Franca, Bauru, Marília, Santos, Cubatão, Sorocaba, Jundiaí, Piracicaba, São Carlos, Araçatuba, São José do Rio Preto e Presidente Prudente.

São Paulo é considerado o maior centro industrial da América do Sul, caracterizando-se pela alta concentração das mais diversificadas indústrias, com destaque para as metalúrgicas, mecânicas, de transporte, de alimentos, materiais elétricos, têxtil, química e de minerais não metálicos. No estado encontra-se também um grande centro agropecuário, com base nas agriculturas de cana de açúcar, laranja, milho, soja, banana, tomate, mandioca, batata, feijão, algodão herbáceo e café.

Os principais rios do estado são o Tietê, Paranapanema, Grande, Turvo, do Peixe, Paraíba do Sul, Piracicaba, além do Ribeira do Iguape, único rio de importância na região litorânea. A maior parte do estado está situada na bacia hidrográfica do rio Paraná (IBGE, 2010).

Quanto à vegetação, o estado possui a seguinte distribuição: Mangues e Mata Atlântica no litoral e remanescentes de Cerrado e de Florestas Tropical e Estacional Semidecidual no restante do território. Grandes reduções do domínio original aconteceram na cobertura vegetal de São Paulo devido à intensa expansão das atividades econômicas e da malha urbana no território.



Figura 3: Mapa geográfico do estado de São Paulo

Fonte: http://www.saopaulo.sp.gov.br/conhecasp/historia_mapas

As variabilidades nas médias térmicas e pluviométricas do estado de São Paulo devem-se à variação altimétrica do relevo paulista (mais elevado a leste e menos oeste) e também à influência das massas Tropical Continental (mTc) e Tropical marítima (mTa). A mTc é uma massa do tipo instável, quente e seca, associada à baixa pressão predominante sobre a região do Chaco devido ao intenso aquecimento da superfície no verão. A mTa é formada por uma camada superior quente e seca e outra inferior fria e úmida, originada sobre os oceanos Atlântico e Pacífico.

A umidade que se acumula na parte inferior da mTa dá origem à formação em nuvens do tipo *cumulus* de pequena extensão vertical; por isso provocam poucas chuvas, geralmente no litoral associadas à orografia, quando a massa desloca-se sobre o continente (VIANELLO e ALVES, 2000, p.313).

A escarpa da Serra do Mar possui localização geográfica próxima ao oceano Atlântico e isso faz com que ela atue como uma barreira à umidade proveniente do oceano transportada pela mTa, por isso seu regime pluviométrico é superior ao do Planalto Ocidental. Este possui menores altitudes e está mais distante do oceano e permanece sobre o domínio de um grande balão de ar quente e seco (mTc), que na maioria das vezes dificulta a passagem dos sistemas das médias e altas latitudes, dessa forma impede a ocorrência de chuvas mais intensas sobre a região.

Lepsch (2002) explica que o estado de São Paulo é uma região com grande variedade de solos, pois é uma região de transição entre o clima semiárido e úmido, possui grande diversidade de relevo, vegetação e material de origem. A região sudeste possui áreas montanhosas e uma dessas áreas corresponde ao leste do estado de São Paulo. O domínio do estado é o da Mata Atlântica que hoje infelizmente deu lugar às pastagens.

Sobre a diversidade dos solos, Lepsch (2002) afirma que o território paulista apresenta solos diversificados como Latossolos Vermelhos, Argissolos Vermelho-Amarelos, Neossolos Quartzarênicos, incluindo as famosas terras roxas (Latosolo e Nitossolo-vermelho férrico), Cambissolos e Nitossolos e também Latossolo e Argilossolo Amarelos.

A maioria da área do estado é constituída por Latossolos Vermelhos e Argissolos Vermelho-Amarelos, sendo estes concentrados na porção oeste do estado. Na porção leste do Estado predominam os Argissolos e Latossolos (Vermelho-Amarelos). A chamada terra roxa encontra-se em maior escala no sul da porção oeste do estado e apresenta uma fertilidade natural que, aliada às condições climáticas propícias e à topografia adequada, é responsável pela alta produção agrícola encontrada nesta região (Lepsch, 2002).

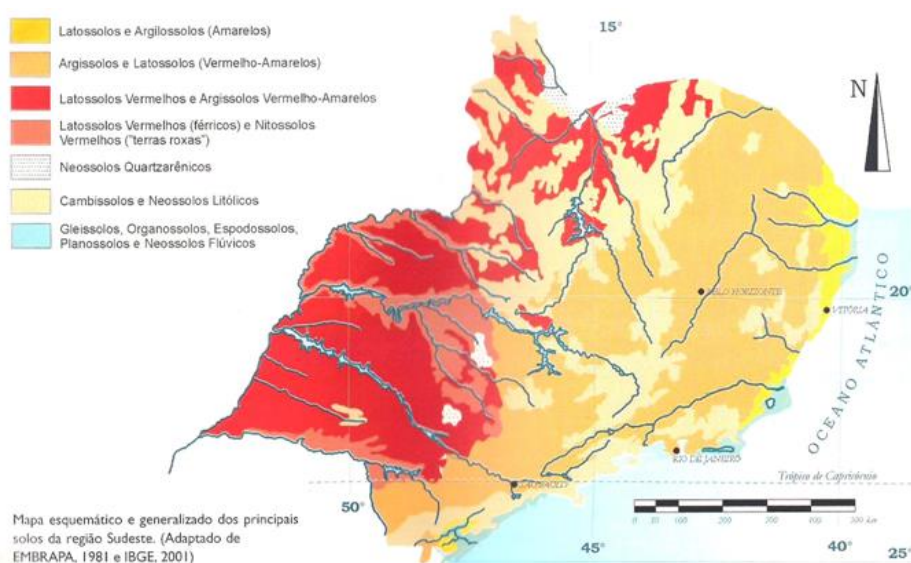


Figura 4: Formação e conservação dos solos – região Sudeste

Fonte: Lepsch, (2002), p. 140.

Setzer (1966), ao utilizar o sistema de classificação climática (SCC) de Köppen (KÖPPEN E GEICER, 1928) para realizar um mapeamento dos tipos de clima para o estado de São Paulo, encontrou sete tipos climáticos diferentes: tropical úmido (*Af*); tropical (*Aw*); tropical monçônico (*Am*); temperado com verão quente (*Cwa*); temperado com verão temperado (*Cwb*); subtropical com verão quente (*Cfa*) e com verão temperado (*Cfb*). Concluiu que o tipo *Cwa* se apresentou como dominante por abranger toda a parte central do estado.

3.4 Zona de Convergência Intertropical

A Zona de Convergência Intertropical (ZCIT) é considerada o sistema mais importante gerador de precipitação sobre a região equatorial dos oceanos Atlântico, Pacífico e Índico, assim como sobre áreas continentais adjacentes. Em imagens de satélite esse

sistema é visualizado como uma banda de nuvens convectivas que se estende em uma faixa ao longo da região equatorial (MELO, CAVALCANTI & SOUZA, 2009, p. 25).

A ZCIT pode ser definida como um conjunto de variáveis meteorológicas que atuam sobre a faixa equatorial dos oceanos e não se apresentam necessariamente sobre a mesma latitude em superfície, mas próximas umas das outras. Aspectos meteorológicos podem acentuar ou inibir o desempenho de sistemas principais como a ZCIT, uma vez que sua circulação é inerente à circulação geral da atmosfera (MELO, CAVALCANTI & SOUZA, 2009, p. 28).

Ainda segundo Melo; Cavalcanti & Souza (2009), a posição da ZCIT ao norte do equador, na maior parte do ano, está relacionada à existência de águas mais frias na região equatorial leste dos oceanos Pacífico e Atlântico. Waliser e Gautier (1993) destacaram que a ZCIT aparece de maneira irregular, frequentemente desconecta sobre os continentes, se comparada à sua “forma” sobre áreas oceânicas.

Waliser e Gautier (1993) apresentaram outra característica climatológica no estudo que realizaram sobre a ZCIT, a qual consiste na migração sazonal durante o ciclo anual da ZCIT, que varia de forma distinta de acordo com a região do globo. Por exemplo, na África, a ZCIT acompanha o ciclo solar, podendo se deslocar entre 10°N e 10°S. Nas regiões dos oceanos Pacífico Leste e Atlântico, o ciclo anual da ZCIT é similar, especialmente durante o outono do hemisfério Norte, quando atinge sua posição mais ao norte (aproximadamente 10°N).

Melo et al. (2009) explica que com relação a sua variabilidade interanual, um ano mais chuvoso que o normal no nordeste do Brasil, por exemplo, está ligado ao fato da ZCIT deslocar-se para posições ao sul de sua climatologia durante o verão e o outono no hemisfério Sul. Entretanto, um ano considerado seco está ligado ao fato de a ZCIT deslocar-se para posições ao norte de sua climatologia nesse mesmo período.

3.5 Zona de Convergência do Atlântico Sul

A Zona de Convergência do Atlântico Sul (ZCAS) é um fenômeno típico da América do Sul na primavera e verão, com duração de pelo menos quatro dias e pode ser facilmente identificada em imagens de satélite por meio de uma alongada distribuição de nebulosidade de orientação NW/SEE. Ela é resultado da intensificação do calor e da umidade resultantes do encontro de massas de ar quentes e úmidas da Amazônia e do Atlântico Sul na porção central do Atlântico Sul (MENDONÇA & DANNI-OLIVEIRA, 2007).

A ZCAS estende-se para leste nos subtrópicos, partindo de regiões tropicais específicas de intensa atividade convectiva. Formam-se ao longo de jatos subtropicais em altos níveis e a leste de cavados semiestacionários. É uma zona de convergência em uma camada inferior úmida, espessa e baroclínica. Quanto à localização, a Zona de

Convergência do Atlântico Sul está localizada na fronteira de massas de ar tropicais úmidas, em regiões de forte gradiente de umidade em baixos níveis, com geração de instabilidade convectiva por processo de advecção diferencial.

De acordo com o Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE, 2008) a ZCAS pode ser considerada como o principal sistema de grande escala responsável pelo regime de chuvas sobre o Brasil durante o verão austral, que vai de outubro a março. As observações indicam que ela tende a se posicionar mais ao norte no início do verão, deslocando-se posteriormente para o sul, podendo variar de 10 a 15° de latitude. Isto resulta em situações distintas para determinados locais, conforme a região onde ela estaciona. Além disso, esse sistema influencia um padrão de dipolo entre anomalias de precipitação nas regiões Sul e Sudeste do Brasil, pois observações indicam evidente associação entre períodos de enchentes de verão na região Sudeste e veranicos na região Sul, com a permanência da ZCAS por períodos prolongados sobre a região Sudeste. Por outro lado, períodos extremamente chuvosos no sul coincidem com veranicos na região Sudeste, indicando a presença de ZCAS mais ao sul.

As variações da ZCAS podem ser atribuídas às frentes (escala sinótica), mudanças dentro de uma estação (escala intrasazonal), El Niño e La Niña (escala interanual), variações nas temperaturas do oceano em longo termo (escala interdecadal), entre outros motivos. Assim, as ZCAS estão associadas à condição de chuvas intensas em algumas regiões e estiagem em outras; dependendo do período que o sistema permaneça, pode haver consequências graves para agricultura. Entretanto, muitas vezes a formação da ZCAS pode ser de extremo benefício para agricultura, trazendo chuvas às plantações; já em outras, as chuvas podem ser intermitentes em algumas localidades, acarretando prejuízos econômicos. As áreas sujeitas à estiagem prolongada também podem ser afetadas com prejuízos econômicos, principalmente quando as plantações se encontram em fase crítica de crescimento, ou seja, necessitam de certa quantidade de água diariamente (INPE, 2008).

Quadro (1994) registrou que, durante o verão, pelo menos três episódios de ZCAS ocorrem por mês (um em cada mês). Em seu estudo, o autor usou o período de 1980 a 1989 e constatou que esses fenômenos podem ser uma resposta atmosférica devido à associação de vários sistemas, sendo que os mais encontrados em sua pesquisa foram vórtices ciclônicos sobre o nordeste brasileiro e sobre o oceano Atlântico Tropical e a penetração de Sistemas Frontais vindos da América do Sul.

Tabela 1 – Períodos de ocorrência de Zona de Convergência do Atlântico Sul (ZCAS)

Anos	Mês	Período (dias)
1980	janeiro	de 25/01 a 01/02/80
1983	fevereiro	de 11/02 a 18/02/83
1986	fevereiro	de 07/02 a 14/02/86
1986	dezembro	de 05/12 a 12/12/86
1987	fevereiro	de 06/02 a 13/02/87
1988	fevereiro	de 05/02 a 12/02/88
1989	janeiro	de 06/01 a 13/01/89
1990	janeiro	de 05/01 a 12/01/90
1991	março	de 29/03 a 06/04/91
1991	novembro	de 15/11 a 22/11/91
1992	janeiro	de 24/01 a 31/01/92
1992	dezembro	de 27/11 a 04/12/92
1993	janeiro	de 15/01 a 22/01/93
1993	dezembro	de 17/12 a 24/12/93
1994	janeiro	de 21/01 a 28/01/94
1994	março	de 04/03 a 11/03/94
1994	dezembro	de 23/12 a 30/12/94
1995	janeiro	de 20/01 a 27/01/95
1995	outubro	de 20/10 a 27/10/95
1996	fevereiro	de 09/02 a 16/02/96
1997	janeiro	de 24/01 a 31/01/97
1998	fevereiro	de 13/02 a 20/02/98
1999	janeiro	de 08/01 a 15/01/99
2000	fevereiro	de 04/02 a 11/02/00
2001	dezembro	de 14/12 a 21/12/01
2002	fevereiro	de 15/02 a 22/02/02
2003	janeiro	de 10/01 a 17/01/02
2004	fevereiro	de 20/02 a 27/02/04

Fonte: Malvestio (2008)

3.6 El Niño Oscilação Sul

El Niño-Oscilação Sul (ENOS) é um fenômeno oceânico/atmosférico que se caracteriza pelo aquecimento anômalo das águas superficiais do centro-leste do oceano Pacífico, predominando na sua faixa equatorial. Afeta o clima regional e global pois muda a circulação geral da atmosfera, sendo um fator responsável pelos anos considerados secos ou muito secos. O El Niño possui duas fases opostas uma da outra, a fase negativa está associada a períodos secos nas regiões tropicais e períodos quentes e úmidos nas extratropicais; na fase positiva do fenômeno, denominada de La Niña, os períodos são úmidos nos trópicos e secos e frios fora deles (MOLION, 1989). Ocorre a cada 4 anos e persiste de 6 a 15 meses. No Brasil, o fenômeno acontece na primavera e no verão, interferindo nas características da circulação de grande escala atmosférica.

Em anos normais, sem a presença do El Niño ou La Niña, as águas do oceano Pacífico Equatorial Oeste são mais quentes do que junto à costa oeste da América do Sul, onde as águas do Pacífico são mais frias. A circulação é marcada pela ascensão do ar no Pacífico Equatorial Central que segue para o leste em altos níveis da atmosfera e desce no Pacífico Leste, em conjunto com os ventos alísios em baixos níveis da atmosfera, formam o que os meteorologistas chamam de célula de circulação de Walker (CPTEC).

Como as águas do oceano no Pacífico Oeste são mais quentes, há mais evaporação e formam-se nuvens numa grande área. Em regiões em que o ar vem de altos níveis da troposfera para níveis mais baixos, raramente há formação de nuvens de chuva. Se o ar sobe numa determinada região da atmosfera, deverá descer em outra. Se próximo à superfície (baixos níveis da atmosfera) os ventos são de oeste para leste, em altos níveis ocorre o contrário, os ventos são de leste para oeste. Assim, o ar sobe no Pacífico Equatorial Central e Oeste e desce no Pacífico Leste (junto à costa oeste da América do Sul).

Os ventos alísios, junto à costa da América do Sul, favorecem o afloramento de águas profundas do oceano em um fenômeno chamado ressurgência. As águas mais frias têm mais oxigênio dissolvido e vêm carregadas de nutrientes e microorganismos vindos de profundidades maiores. Isso faz com que a costa oeste da América do Sul seja uma das regiões mais piscosas do mundo, pois surge também uma cadeia alimentar: pássaros se alimentam de peixes, que por sua vez se alimentam de microorganismos e nutrientes daquela região. Em anos de El Niño, os ventos alísios enfraquecem. Com isto, todo o oceano Pacífico Equatorial começa a aquecer gerando evaporação e formando nuvens, com movimento ascendente.

O ar que desce dos altos níveis da troposfera inibe a formação de nuvens, esta é uma das explicações para as secas que ocorrem na região da Indonésia e no norte e leste da Amazônia e norte do nordeste em anos de El Niño. Não é somente o El Niño que pode provocar seca no norte da região Nordeste do Brasil, o oceano Atlântico tem papel fundamental no regime de chuvas da região. Em anos de El Niño, em geral, é observada seca nesta região.

Há um deslocamento da região com maior formação de nuvens e a célula de Walker fica bipartida. Podem-se observar águas quentes em praticamente toda a extensão do oceano Pacífico Equatorial. Em anos de El Niño há uma mudança de posição do ramo ascendente da célula de Walker no Pacífico Equatorial que se desloca para o Pacífico Equatorial Leste.

Formam-se então dois ramos descendentes: um na região que compreende o nordeste brasileiro e parte da Amazônia e outro na região da Indonésia. Os efeitos deste

importante fenômeno no Brasil quase sempre são negativos, causando muito prejuízo principalmente para os agricultores. Cada vez que acontece o El Niño é observado um significativo aumento no volume de chuvas da região Sul do país, principalmente na primavera, fim do outono e começo do inverno. Isso pode acarretar muito prejuízo aos agricultores no período da colheita, essencialmente no setor de grãos.

Outra mudança trazida pelo fenômeno acontece nas temperaturas das regiões Sul e Sudeste do Brasil. Na primeira, os invernos ficam mais amenos e na segunda, as temperaturas ficam mais altas comparadas aos valores normais. Esse aumento de temperatura no inverno ajuda os agricultores no combate às geadas melhorando a qualidade das culturas.

Então, as principais características associadas ao fenômeno são:

- Sobre o oceano Pacífico leste, aparecem águas mais quentes que o normal;
- Os ventos alísios têm sua intensidade diminuída;
- A pressão também sofre alterações. No setor leste do Pacífico fica abaixo do normal e na parte oeste fica acima do normal;
- Formação de nuvens convectivas sobre o oceano Pacífico;
- A modificação da célula de Walker ocasiona ar descendente sobre a Amazônia e o nordeste do Brasil.

Não se sabe as reais causas dos fenômenos, no entanto a aparente diferença de pressão ao nível do mar entre o Tahiti e Darwin, no oceano Pacífico Tropical, está relacionada ao aquecimento anômalo de águas frequentemente frias do lado leste do oceano. Esse aquecimento é o que provoca mudanças na circulação atmosférica, conseqüentemente nas condições climáticas de várias regiões no globo, como o Brasil.

Tabela 2 – Anos de El Niño e suas intensidades

1877 - 1878	1888 - 1889
1896 - 1897	1899
1902 - 1903	1905 - 1906
1911 - 1912	1913 - 1914
1918 - 1919	1923
1925 - 1926	1932
1939 - 1941	1946 - 1947
1951	1953
1957 - 1959	1963
1965 - 1966	1968 - 1970
1972 - 1973	1976 - 1977
1977 - 1978	1979 - 1980
1982 - 1983	1986 - 1988
1990 - 1993	1994 - 1995
1997 - 1998	2002 - 2003
2004 - 2005	2006 - 2007
2009 - 2010	-

Legenda: Forte Moderada Fraco

Fonte: CPTEC/INPE, 2011

3.7 La Niña

Segundo Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE), o *La Niña*, em espanhol, que significa “a menina” em português, é um fenômeno que se caracteriza por ser oposto ao *El Niño*, ou seja, é o resfriamento das águas do oceano Pacífico Equatorial; pode ser chamado também de episódio frio, ou ainda, *El Viejo*, em espanhol, “o Velho”, em português.

Assim como o El Niño, o La Niña trata-se de um fenômeno natural, com uma variabilidade maior que o primeiro, alterando o comportamento climático. Os ventos alísios são mais intensos e as águas mais frias, estendem-se numa faixa de aproximadamente 10° de latitude ao longo do Equador desde a costa peruana até 180° de longitude do Pacífico Central.

Com a evaporação e os movimentos ascendentes que geram chuva, a célula de Walker, em anos de La Niña, fica mais alongada que a normal, devido à maior intensidade dos ventos alísios. A região do nordeste do oceano Índico, a oeste do oceano Pacífico, passando pela Indonésia, tem grande quantidade de chuvas. No Pacífico Equatorial Central e Oriental ocorrem os movimentos descendentes da célula de Walker. Eles ficam mais intensos que o normal, inibindo, e muito, a formação de nuvens de chuva.

Com os ventos alísios mais intensos, a ressurgência também irá aumentar no Pacífico Equatorial Oriental, emergindo mais nutrientes das profundezas do oceano. Em geral, os episódios La Niña têm frequência de 2 a 7 anos, porém tem ocorrido em menor quantidade que o El Niño durante as últimas décadas. Os episódios La Niña têm duração de aproximadamente 9 a 12 meses e somente alguns episódios persistem por mais de 2 anos.

A intensidade máxima do fenômeno é atingida ao final do mesmo ano em que se iniciou, dissipando-se em meados do ano seguinte, podendo durar até dois anos. Muitas vezes, os episódios de La Niña favorecem a chegada de frentes frias até a região Nordeste do Brasil (NEB).

Como consequência da La Niña, as frentes frias que atingem o centro-sul do Brasil são mais rápidas e intensas, ocasionando uma redução nas chuvas, fazendo com que a frente atinja o nordeste mais facilmente. Na região Centro-Sul há estiagem com uma queda significativa nas chuvas, principalmente de setembro a fevereiro, no outono as massas de ar polar chegam com muita força. Sendo assim, já no outono temperaturas baixas são registradas.

Dessa forma, as principais características associadas ao fenômeno são:

- Frentes frias rápidas sobre a região Sul do Brasil, com baixos índices pluviométricos de setembro a fevereiro, principalmente no Rio Grande do Sul;
- Temperaturas um pouco abaixo da média na região Sudeste do Brasil, durante o inverno;
- Frentes frias com mais facilidade de acesso na região Nordeste do Brasil;
- Chuvas abundantes no leste da Amazônia;
- Possibilidade de chuvas acima da média no nordeste do país (NEB).

Os anos de 1976 e 1985 foram de forte incidência de La Niña.

Em suma, tanto o El Niño quanto o seu oposto, o La Niña, são resultados de alterações no comportamento normal da célula de Walker, um circuito de circulação de ventos de sentido oeste/leste que ocorre normalmente entre o Pacífico leste (costa peruana) e o Pacífico oeste (Indonésia/Austrália), ao sul do Equador. As causas das modificações ocasionadas por ambos os fenômenos ainda não são muito claras, porém sabe-se que estão envolvidos no processo de aumento e/ou diminuição da temperatura das águas do Pacífico austral, modificações no comportamento dos ventos alísios do sudeste, nas correntes marítimas e nas ressurgências da corrente fria de Humboldt, na costa oeste da América do Sul (Equador e Peru).

Por exemplo, em uma situação de ocorrência do fenômeno El Niño na Indonésia/Austrália ocorre redução da temperatura das águas do Pacífico, que caem para 22,0°C e 23,0°C, enquanto no Pacífico leste/costa sul americana as águas ficam mais quentes que o normal (em 1982/83: 5,0°C/7,0°C acima da média; em 1997/98: 3,5°C acima do normal); ocorre também a diminuição das chuvas e ocorrência de secas na Indonésia/Austrália e na costa a precipitação aumenta.

Em situação de ocorrência do fenômeno La Niña na Indonésia/Austrália ocorre um aquecimento maior das águas oceânicas, enquanto na costa sul americana observa-se a presença de águas mais frias que o normal; acontece também um aumento da precipitação, intensificação da célula de Walker e modificações climáticas globais na Indonésia/Austrália, sendo que no Pacífico leste/costa sul americana observa-se a intensificação das secas.

Sobre os efeitos que os fenômenos podem causar na região Sudeste do Brasil, Oliveira (2001) afirma que o El Niño acarreta um moderado aumento das temperaturas médias, mas não existe um padrão característico de mudanças no regime de chuva. Já com o La Niña ocorre quase o oposto, a costa sul americana, que normalmente é mais fria que a australiana, fica ainda mais fria, reforçando a área de alta pressão observada. Também de acordo com Oliveira (2001), o efeito do fenômeno La Niña na região Sudeste do país consiste na formação de uma área com baixa previsibilidade.

Tabela 3 – Anos de La Niña e suas intensidades

1886	1903 - 1904
1906 - 1908	1909 - 1910
1916 - 1918	1924 - 1925
1928 - 1929	1938 - 1939
1949 - 1951	1954 - 1956
1964 - 1965	1970 - 1971
1973 - 1976	1983 - 1984
1984 - 1985	1988 - 1989
1995 - 1996	1998 - 2001
2007 - 2008	-

Legenda: Forte Moderada Fraco

Fonte: CPTEC/INPE, 2011

3.8 Caracterização da pluviosidade no sudeste do Brasil e no estado de São Paulo

De acordo com Alves e Marengo (2002), em função de seu posicionamento longitudinal, o sudeste do Brasil é uma região de transição entre os climas quentes das latitudes baixas e os climas temperados das latitudes médias. Nessa região brasileira, os meses mais chuvosos são janeiro, fevereiro e dezembro, já os mais secos são junho, julho e agosto, com chuva média anual de 30 mm.

O sudeste brasileiro possui muitos contrastes climáticos em razão dessa diversidade de fatores, que atua, como maritimidade, contrastando com a continentalidade, elevadas montanhas, depressões, entre outros. No inverno, predominam os sistemas frontais, com poucas chuvas, já no verão, as altas temperaturas e as chuvas frequentes associam-se principalmente ao aquecimento superficial e linhas de instabilidade. A região está sob a ação de sistemas atmosféricos de grande escala: anticiclone do Atlântico Sul, Baixa do Chaco, alta da Bolívia, alta Polar, Corrente de Jato (Vianello e Alves, 2008).

Nery et al. (2004) procuraram analisar, em escalas diferentes, o comportamento da precipitação pluvial do estado de São Paulo a partir de 38 séries pluviométricas de

precipitação referentes aos anos de 1959-1999. Em ordem crescente tem-se: as regiões Sul e litoral com variações de 88 mm (junho) a 301 mm (janeiro) e uma média anual precipitada de 2.000 mm; as de oeste e sudoeste com médias de 33 mm a 302 mm e 1.440 mm anuais; a região Noroeste do estado com os menores totais anuais (1.200 mm), finalmente o norte paulista com a menor variabilidade interanual (1.500 mm anuais) e uma variabilidade sazonal entre 28 mm e 256 mm (dezembro).

Ao estudar o regime de precipitação das regiões Sul e Sudeste do Brasil, Silva (2006) encontrou uma variabilidade espacial associada às variações das características do solo, orografia, vegetação e bacias hidrográficas distribuídas pela área de estudo. Entretanto, na região Sudeste, principalmente no estado de São Paulo, as variações no regime de precipitação se expressam de duas formas: de ordem sazonal, com um período seco (abril a setembro) e outro chuvoso (outubro a março) e de ordem espacial que o segrega basicamente em duas áreas: a continental, que apresentou uma distribuição uniforme da precipitação anual, em torno de 1.300 mm e a litorânea, mais chuvosa, com média anual de 1.600mm.

Existem certas semelhanças entre o comportamento das chuvas paulistas com as de Minas Gerais. Em virtude de sua posição mais latitudinal, São Paulo apresentou características de transição. Durante o primeiro trimestre há uma concentração de chuvas no norte do estado, com 40% de contribuição para o total anual. No terceiro trimestre a região Centro-Sul é mais chuvosa e contribui com, aproximadamente, 15% para o volume total anual da precipitação (Silva, 2006, p.59).

Amaral e Baptista (1997), afirmam que as análises de séries climáticas, dentre elas a da precipitação pluvial, são fundamentais para o planejamento de inúmeras atividades agrícolas, econômicas, sociais, dentre outras estratégicas para o desenvolvimento socioeconômico de um determinado município, região ou estado.

A precipitação pluvial é a responsável pela recarga do potencial hídrico das bacias, essa disponibilidade não ocorre de maneira uniforme em todo território, devido à existência de dinâmicas climatológicas diferenciadas em cada local. De acordo com Silva (1995) “O termo bacia hidrográfica refere-se a uma compartimentação geográfica natural, delimitada por divisores de água. Este compartimento é drenado superficialmente por um curso d’água principal e seus afluentes”.

A qualidade da água depende dentre outros fatores do equilíbrio de um ecossistema que tende a garantir a manutenção da dinâmica ecológica dos organismos vivos na Terra. Este equilíbrio, por sua vez, pode ser afetado por processos erosivos desencadeados por algum tipo de degradação ambiental, como desmatamento, assoreamento de rios,

inundações, entre outros, afetando assim o mecanismo em que se manifesta o ciclo de renovação da água.

Em vista disso, o princípio fundamental de adoção da bacia hidrográfica como unidade físico-territorial básica serve para o planejamento e o gerenciamento dos recursos hídricos. Os estudos de bacias adotados por vários autores possibilitam um melhor planejamento dos recursos naturais que a integram, abrangendo as características econômicas, sociais, políticas e culturais de uma região.

Os regimes pluviométricos estão diretamente relacionados a fenômenos meteorológicos dos quais variam em intensidade, quantidade e frequência, contribuindo para a formação de distintas paisagens e espaços, influenciando assim na interação entre homem e natureza.

Entre os inúmeros elementos climáticos, a pluviosidade se destaca por apresentar interação com outros elementos da sociedade. Seu estudo colabora para as diversas atividades socioeconômicas sobre o espaço, principalmente naquelas que se relacionam a aspectos naturais como solo e a chuva. Nesse sentido, o estudo da precipitação pluvial torna-se relevante no planejamento de atividades agrícolas, visto que as chuvas interferem no preparo do solo e no rendimento das culturas além das necessidades de irrigação.

A maioria dos projetos agrícolas que consideram a contribuição das precipitações que utiliza valores médios de chuva como parâmetros de dimensionamento. No entanto, o mais recomendado é considerar a distribuição de frequência dessas precipitações, procedimentos que resulta em dimensionamentos criteriosos, baseados em níveis de risco (FIETZ et al. 2002 apud ARAI, F. K. et al. 2010).

A ação da precipitação pluvial sobre a superfície terrestre, juntamente com a da temperatura, são os principais elementos utilizados para caracterizar um determinado tipo climático. Este, por sua vez, é um dos responsáveis pela geração e pela intensidade de processos erosivos.

Apesar dos recentes avanços tecnológicos e científicos, o clima ainda é a variável mais importante na produção agrícola. [...] Os parâmetros climáticos exercem influência sobre todos os estágios da cadeia de produção agrícola, incluindo preparação da terra, semeadura, crescimento dos cultivos, colheita, armazenagem, transporte e comercialização (AYOADE, 2002, p. 261).

A potencialidade da chuva, no entanto, difere de lugar para lugar e de uma chuva para outra, estando relacionada a diversas características físicas da chuva como a energia cinética da gota, a intensidade, a frequência e a duração da chuva. Assim sendo, quanto maior o valor dessas variáveis, maior a probabilidade de ocorrência de erosão.

No meio rural, as perdas de solo por erosão prejudicam atividades agropecuárias, principalmente pela diminuição da fertilidade. A erosão é uma das principais razões pela qual os solos agrícolas perdem sua capacidade produtiva, a retirada da vegetação nativa de

uma determinada área provoca o rompimento, efêmero ou definitivo, no equilíbrio natural existente entre o solo e o meio ambiente.

O processo de erosão será acelerado caso ocorram práticas inadequadas de manejo do solo em atividades agrícolas, deixando o solo muito mais vulnerável ao impacto da chuva.

Assim, solo revolvido é mais facilmente levado pela enxurrada devido ao aumento no seu nível de encharcamento. Dessa forma, devido à declividade do terreno, as chances dos horizontes superficiais do solo serem levados serão maiores.

Além disso, o solo agrícola caracteriza-se naturalmente por apresentar alta susceptibilidade à ocorrência de erosão, visto que o período de preparo e semeadura do solo coincide com o período de elevadas taxas convectivas de chuva, impactando ainda mais no cultivo.

A variabilidade do regime pluviométrico pelo qual é submetido o território paulista contribuiu para que nele ocorressem importantes processos de modelagem do relevo bem como o desenvolvimento de diferentes paisagens, com susceptibilidades particulares. A existência de dois grandes domínios morfoclimáticos e fitogeográficos, o dos “Mares de Morros Florestados” (Planalto Atlântico e litoral) e dos “Chapadões Recobertos por Cerrados e Penetrados por Florestas-Galeria”, é um reflexo da importância e da ocorrência da precipitação pluvial sobre as diversas localidades de São Paulo (MALVESTIO, 2008).

Ainda de acordo com Malvestio (2008), apesar de ambos os domínios se localizando na área estudada, sofrerem diferentes formas de intervenção e se encontrarem atualmente em diferentes estágios de degradação, essas áreas delimitadas principalmente por condições climático-hidrológicas semelhantes foram sujeitas a diferentes situações. Enquanto a atividade agropecuária tinha condições favoráveis para se expandir pelo interior do estado de São Paulo modificando a paisagem natural – o qual se caracteriza por apresentar uma presença mais dispersa de malha urbana – no extremo leste do estado tem-se uma densa ocupação espacial resultado de um processo urbano-industrial que possuiu níveis de transformação equivalentes àqueles de países europeus e norte-americanos, porém com aspectos mais desastrosos.

A distribuição das precipitações nesses domínios ocorre de maneira diferenciada: no oeste da área de estudo, os impactos podem ser relacionados principalmente à perda de fertilidade do solo, à redução da área agriculturável e ao transporte de sedimentos para corpos hídricos. Na área urbanizada, esses tipos de impactos são agravados pela ocupação das cabeceiras das bacias hidrográficas e vão desde enchentes que causam transtorno ao tráfego de veículos até dificuldades para o abastecimento urbano, problema que atinge a população de maneira direta e a administração pública.

“Nas regiões Sudeste e Sul do Brasil o planejamento das principais atividades econômicas (indústria, agricultura e turismo) depende, fortemente, do regime de precipitação” (SILVA, 2006). Dessa forma, fica claro o motivo pelo qual estudar o regime de chuvas, o qual se apresenta como um modo de se adequar o planejamento a essas variações e de prevenirem prováveis impactos sobre as atividades desenvolvidas.

Outro fator importante que deve ser considerado sobre as precipitações pluviais é que contribuem para a obtenção de melhores desempenhos nas atividades agrícolas, na atualização do sistema de informações hidrológicas dos Comitês de Bacia Hidrográfica do estado de São Paulo, como para outras instituições como a defesa civil e outros estudos de caráter científico.

Nota-se que a precipitação no estado São Paulo foi estudada por diversos autores. Monteiro (1969) mostrou a importância dos sistemas frontais como mecanismos importantes de precipitação na área do estado de São Paulo. Gomes e Massambani (1984) documentaram as condições sinóticas associadas a chuvas intensas. Scola et al. (1986) deu atenção especial para os sistemas convectivos de mesoescala e suas relações com as condições sinóticas.

O estado de São Paulo tem extrema importância para todo o país, por ser polo econômico, responsável por 65% de toda a produção nacional e possuir um parque industrial de 115 mil indústrias sendo o consumidor de mais da metade da energia gerada em todo o país e também o maior produtor agrícola. As oscilações climáticas causam muitos transtornos no território paulista como problemas sociais devido a épocas de seca e problemas relacionados a perdas na produção agrícola.

Em seu estudo sobre a estrutura da precipitação do estado de São Paulo, Nery (1999) concluiu que a precipitação em São Paulo está marcada por uma onda anual com máximos em dezembro, janeiro e fevereiro (verão) e mínimos em junho, julho e agosto (inverno). A variação explicada, através da análise harmônica, da onda anual mostra uma maior precipitação na região Leste e Nordeste. Essas características condizem com alguns aspectos físicos (orografia) e dinâmicos (circulação marítima), presentes nessa região.

A variabilidade estudada após a utilização do filtro eficazmente obtido nos mostra que as séries estão dominadas essencialmente por processos aleatórios e que toda a persistência está dada pela onda anual. Tanto o índice de seca, quanto a porcentagem de séries afetadas (anomalias positivas e negativas) mostram que o estado nem sempre responde as oscilações do Pacífico, de forma a aumentar ou diminuir a precipitação na região conforme a variabilidade do índice (NERY, 1999).

De todas as variáveis climáticas, a precipitação é a que pode ter um impacto mais favorável ou adverso para a sociedade, pois diversas atividades econômicas, principalmente

a agrícola, pecuária e hidroelétrica, são as mais afetadas com a variação de longo prazo (MENDONÇA; AMBRIZZI; BIAZETTO, 2002).

Um estudo sobre a variação espacial-temporal das chuvas no estado de São Paulo realizado por pesquisadores do Instituto Nacional de Meteorologia (INMET) e do Centro de Previsão de Tempo e Estudos Climáticos (CPTEC) identificou o período de estiagem mais longo, durante a estação seca do ano, no estado de São Paulo e verificou se o fenômeno ENOS (El Niño-Oscilação Sul) tem alguma relação. Para tanto, foram selecionados os meses de abril a setembro, por serem meses geralmente secos. Foram analisadas chuvas diárias de abril a setembro, durante o período de 1978 a 1997, em algumas cidades do estado de São Paulo. Durante essa época do ano, os sistemas frontais são responsáveis pelo regime pluviométrico do território paulista, sendo assim, observa-se a escassez de chuvas que ocorrem somente sob a presença de frentes frias o que prejudica muito as atividades que dependem das condições do tempo de forma direta, como a agricultura.

Os pesquisadores fizeram uso de base de dados de precipitação do INMET, DAEE e INFRAERO de algumas cidades paulistas como Araçatuba, São Paulo, Aparecida, Franca, Registro, Cachoeira Paulista, Ubatuba, Santos, Presidente Prudente, Bauru, Campinas, Itapeva, Marília e Votuporanga para o período de 1978 a 1997. Foi usada a lista de ocorrência de El Niño e La Niña, do NCEP/CPC, no período de 1950 a 2000.

Inúmeros estudos, realizados ao longo do tempo, sugerem que no caso da cidade de São Paulo é possível que o efeito urbano tenha contribuído significativamente para a mudança na distribuição da intensidade da precipitação.

A precipitação tem um impacto direto e significativo na humanidade, cujas variações e mudanças frequentemente resultam em repercussões econômicas, no meio ambiente, sociais e políticas. Esta importância justifica uma análise mais detalhada de sua variabilidade climática, principalmente no estado de São Paulo (Figura 5) enfocando as causas de tais variações como um meio para entender futuras mudanças (MENDONÇA; AMBRIZZI; BIAZETTO, 2002).

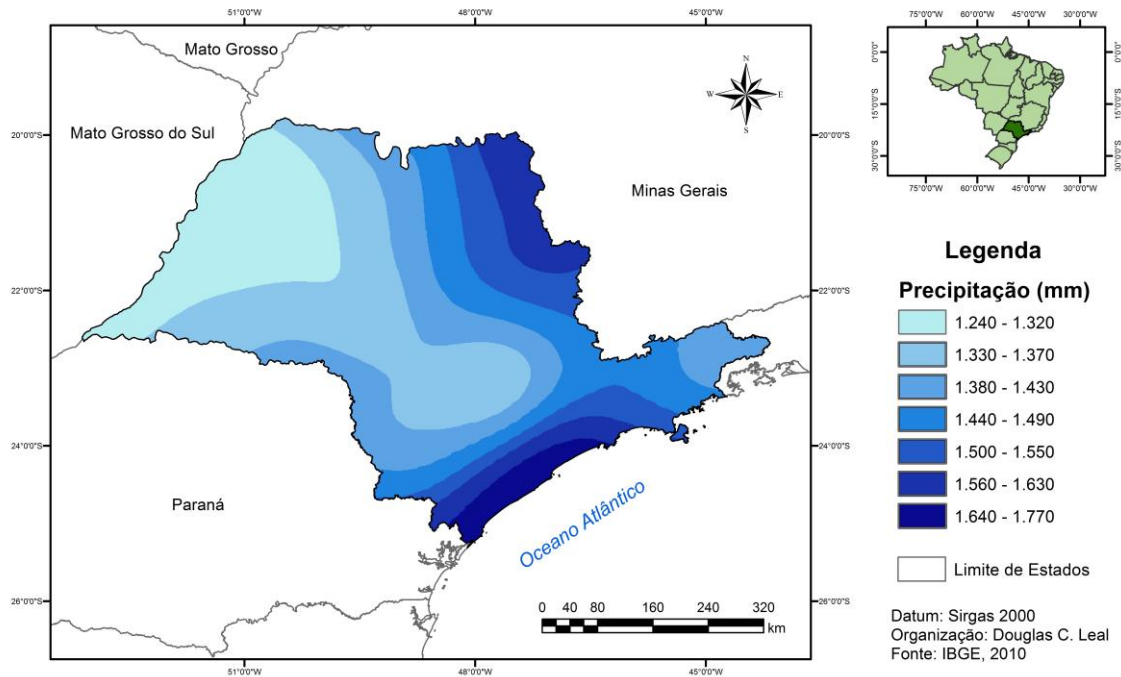


Figura 5: Distribuição das precipitações pluviométricas no estado de São Paulo - média anual de 1976 a 2010

Fonte: LEAL, D.C. 2013

Foi realizado um levantamento de dados, segundo o EM-DAT (2007) - uma base de dados internacional de desastres – que compreenderam os anos de 1900 a 2006 (Figura 6) e no qual foram registrados 150 desastres naturais. Desse registro, 84% do total ocorrido foi computado somente a partir da década de 70, que mostrou um aumento significativo de desastres nas últimas décadas e contabilizou aproximadamente 8.000 vítimas e um prejuízo também aproximado de 10 milhões de dólares (MARCELINO, 2007).

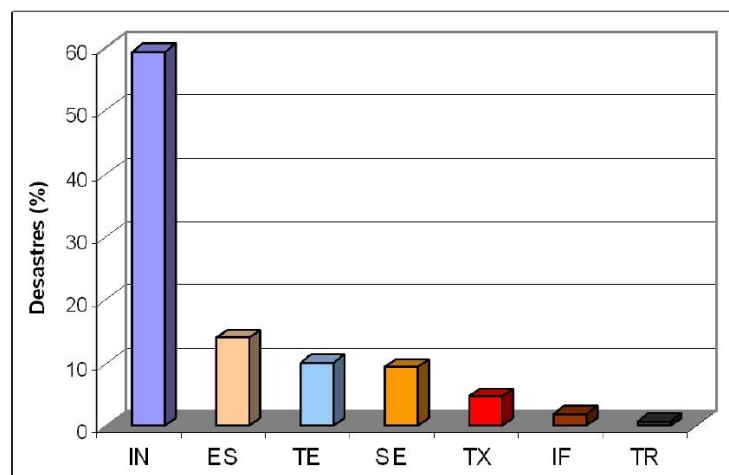


Figura 6: Tipos de desastres naturais ocorridos no Brasil (1900-2006)

Fonte: MARCELINO, 2007

Legenda: IN – Inundação, ES – Escorregamento, TE – Tempestades, SE – Seca, TX – Temperatura Extrema, IF – Incêndio Florestal, TR – Terremoto.

O tipo de desastre mais frequentes foram as inundações, que acontecem devido a um período prolongado de chuvas intensas somado a diversos problemas sociais como ocupações irregulares, urbanização intensa, impedindo o escoamento, infiltração e percolação da água. Junto às inundações ocorrem os vendavais, tornados e granizos. Trata-se de um fenômeno súbito, exceto quando acontece de forma gradual, quando ocorrem, causam mortandade e destruição, pois as pessoas não têm tempo de procurar abrigo e salvar seus pertences, devido a essa característica “repentina”.

As regiões Sudeste e Sul do Brasil abrigam 60% das ocorrências de desastres naturais no país (Figura 7). Essa distribuição está associada às características e peculiaridades geoambientais muito mais do que às socioeconômicas das regiões afetadas, já que as áreas onde se localizam as favelas, áreas com alto índice de pobreza e ausência de planejamento urbano, podem ser encontradas na maiorias da cidades brasileiras. Dessa forma, as instabilidades atmosféricas são frequentes nas duas regiões, em função da passagem de frentes frias no inverno, da ocorrência de complexos convectivos de mesoescala na primavera e da formação dos sistemas convectivos no verão, o que desencadeia chuvas extremamente intensas nessa estação (MONTEIRO e FURTADO, 1995; SANT’ANNA NETO, 1995; SILVA DIAS, 1996; MARCELINO, 2003; NASCIMENTO, 2005).

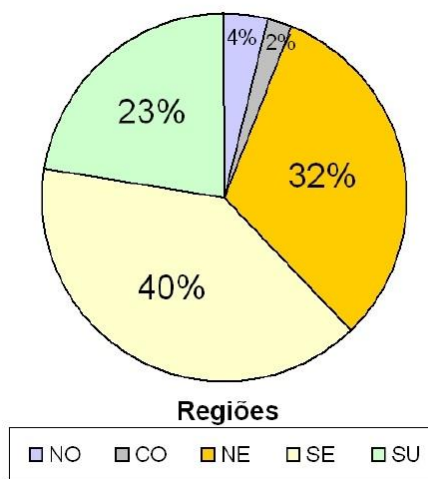


Figura 7: Distribuição das ocorrências de desastres naturais no Brasil (1900-2006)

Fonte: MARCELINO, 2007.

Legenda: NO – Norte, CO – Centro Oeste, NE – Nordeste, SE – Sudeste, SU – Sul

É importante ressaltar que no banco de dados do EM-DAT são computados somente os desastres considerados severos e que resultam em mortes e desabrigados (EM-DAT, 2007). Sendo assim, a quantidade de desastres que ocorrem no Brasil é bem maior que os contabilizados nesse banco global.

Em seu 4º relatório, publicado no ano de 2007, o Painel Intergovernamental de Mudanças Climáticas – IPCC, afirmou que as ocorrências de desastres naturais de origem atmosférica tendem a continuar aumentando no Brasil, com destaque para tempestades e eventos de precipitação intensa sobre as regiões Sul e Sudeste do país, bem como o agravamento da seca no Nordeste, Norte e Centro-Oeste (MARCELINO, 2007). Essa perspectiva de aumento das precipitações nas regiões Sul e Sudeste do Brasil não significa, necessariamente, uma boa distribuição anual das chuvas, já que a probabilidade é que as precipitações ocorram de forma cada vez mais intensa e concentrada, o que significa chuvas muito fortes em poucos dias (LIEBNAMM et al. 2004; BOULANGER et al. 2005; GROISMAN et al. 2005; MARENGO, 2006).

Um exemplo interessante dessa variabilidade que as precipitações vêm apresentando pode ser percebido no município de Campinas (SP), onde o número de dias nos quais houve chuva intensa (> 50 mm/h) aumentou de 12 dias nas décadas de 60 e 70 para mais de 25 dias nas décadas de 80 e 90 (VICENTE & NUNES, 2004).

As inundações severas ocorrem associadas a elevados índices de precipitação e esse aumento das chuvas intensas somado a problemas como desmatamento de encostas, ocupação de planícies de inundação, assoreamento de rios, impermeabilização urbana serão os principais problemas que a região Sudeste do Brasil enfrenta (DOSWELL et al. 1996 e MARCELINO et al. 2004).

De acordo com José A. Marengo (s/d), atualmente é muito fácil perceber que a variabilidade do clima e dos eventos denominados extremos têm afetado o Brasil. Groisman et al. (2005) e Marengo et al. (2009) identificaram um significativo aumento dos eventos pluviais desde a década de 1950 no país. No território paulista, os eventos pluviais extremos apresentam uma variabilidade interanual ligada diretamente ao El Niño e à La Niña, bem como atividades intrasazonais associadas à atividade da Zona de Convergência do Atlântico Sul e aos Jatos de Baixos Níveis da América do Sul.

Marengo (s/d) ainda afirma que é muito importante ressaltar que a ausência de chuva também pode causar graves problemas à sociedade além de grande êxodo de população de regiões interiores. Por exemplo, no ano de 2001 ocorreu um déficit muito alto de chuvas durante o verão e outono, o que resultou em uma queda brusca do fluxo de rios de toda a região Nordeste, Centro-Oeste e Sudeste do Brasil, reduzindo a capacidade de produção de energia hidrelétrica nessas áreas. Esse acontecimento foi extremamente prejudicial ao funcionamento de todo o país, já que 90% da energia deste provém de fontes hidrelétricas.

Tratando-se de um verão anormalmente seco, Marengo (s/d) explica que houve um aumento excessivo de demanda por energia para sistemas de ar condicionado e

refrigeração, causando reduções nos níveis de reservatórios de usinas hidrelétricas que atingiram níveis mínimos críticos (5% ou menos do volume total). Esse déficit de precipitação não atingiu apenas o Sudeste, englobou o país inteiro e causou uma grande crise energética que forçou o governo do país a impor medidas de conservação de energia para evitar a interrupção total do fornecimento durante parte dos anos de 2001 e 2002 (Cavalcanti e Kousky, 2004).

Recentemente, desde meados do mês de dezembro de 2013 até meados do mês de fevereiro do ano de 2014, a região Sudeste do Brasil sofreu com a escassez de chuvas e temperaturas máximas extremas acima da média. De acordo com o Centro de Previsão de Tempo e Estudos Climáticos – CPTEC (fevereiro de 2014), em várias localidades da região Sudeste do país registraram-se recordes de temperatura de um período de 70 anos. A ausência de chuva e os altos índices de temperatura favoreceram a ocorrência de valores baixos e extremos de umidade relativa do ar, fator imensamente importante para a saúde e o bem estar da população em diversos sentidos. Muitas regiões do interior do território paulista apresentaram valores inferiores a 20%.

Durante a estação do verão, principalmente em regiões tropicais, a chuva e a temperatura apresentam um comportamento inversamente proporcional. Isto quer dizer que quando a nebulosidade é significativa e chove, a temperatura diminui, e quando a nebulosidade é escassa, a temperatura aumenta. A ausência de nebulosidade favorece o aumento da incidência da radiação solar sobre a superfície do planeta, como consequência direta tem-se o aumento da temperatura do ar o que explica a ocorrência de temperaturas tão elevadas e déficit de precipitação na região Sudeste do Brasil nesse período (CPTEC, 2014).

Duas condições são necessárias para que a precipitação ocorra: umidade suficiente e mecanismo de levantamento do ar. Se uma dessas condições faltar, a chuva não ocorre. Em condições estabelecidas como normais, a chuva de verão sobre o Sudeste é provocada pela abundante umidade do ar, trazida da região amazônica, pelas elevadas temperaturas e pela atuação de sistemas de baixa pressão (ciclones subtropicais, cavados, frentes oceânicas). Esse período de estiagem severa tem influenciado grande parte da região Sudeste brasileira através de um sistema de circulação anticiclônica anômalo centrado na troposfera média, que inibe o levantamento de ar. A atuação desse sistema provoca movimentos descendentes (subsistência) favorecendo a compressão do ar e em consequência o aumento da temperatura e diminuição da umidade do ar.

3.8.1 A interferência da precipitação na agricultura no estado de São Paulo

As precipitações intensas podem ser um exemplo de impacto ambiental, já que, por possuírem um alcance regional extenso, provocam grandes perdas agrícolas e em outros setores de produção. Para Calbete et al. (1996), entende-se por chuva intensa como aquela que registra um grande volume de água precipitado num curto espaço de tempo, geralmente elas são derivadas do *cumulunimbus* e podem ocorrer de forma isolada ou associada a outros sistemas meteorológicos.

Informações sobre os níveis de precipitação de intensidade máxima são fundamentais para o desenvolvimento de diversos tipos de obras e projetos, principalmente os de infraestrutura. Entretanto, a restrição destes dados a algumas localidades torna-se um obstáculo ao planejamento e desenvolvimento de atividades aplicadas em terraceamento, construção de galerias e canais de escoamento, pontes, estradas e drenagem, bem como em atividades de orientação e combate às enchentes na zona urbana (FERREIRA et al. 2005).

O estado de São Paulo possui 80% de sua área cultivada sob a ação de processos erosivos, ocasionados principalmente pela ação das chuvas que causam “[...] uma perda de mais de 200 milhões de toneladas de solo por ano, sendo que 70% deste chegam aos mananciais em forma de sedimentos transportados pela água, causando assoreamento e poluição” (ZOCCAL, 2007, p.12). As atividades agropecuárias são muito prejudicadas pelo processo de erosão, mais especificamente pela perda de fertilidade que tal processo causa.

Dessa forma, conclui-se que mesmo com toda a modernização dos dias atuais, o clima ainda aparece como uma variável extremamente condicionante para as atividades agropecuárias, bem como para a obtenção de seus bons resultados.

As chuvas muito intensas podem causar sérios e diferentes tipos de problemas urbanos que atingem diferentes classes sociais e ocasionam gastos para a administração municipal. Exemplos desses problemas urbanos são os solos desnudos provocando o desenvolvimento de ravinas e voçorocas em vias não pavimentadas, terrenos baldios, entre outros. Para Cavaguti (1995) citado por Cunha e Guerra (2003, p. 199), em áreas urbanas e periféricas, tem ocorrido a destruição de obras, a desvalorização do solo e a diminuição da qualidade de vida, o que representa aumento dos gastos públicos e entraves ao desenvolvimento urbano.

Existem outros problemas urbanos derivados da intensa precipitação que são associados a grandes índices de impermeabilização e canalização dos córregos. Esse tipo de obra urbana interfere diretamente no ciclo hidrológico.

Como consequência ocorre a compactação do solo, dificultando a infiltração da água da chuva e potencializando o escoamento superficial, principalmente quando precipitações intensas ocorrem. Através das enchentes e enxurradas todo o lixo urbano presente nas ruas é levado para os corpos hídricos contaminando-os e comprometendo sua capacidade de geração de hidroeletricidade e de abastecimento de água urbano.

De acordo com Pereira Filho (2000, p. 1397), “[...] as chuvas de verão tendem a ser mais intensas por causa da ilha de calor urbana e da brisa marítima, e com isso, as enchentes, agravadas pela diminuição da infiltração, tendem a ser mais destrutivas”.

No meio rural, as perdas de solo por erosão prejudicam atividades agropecuárias, principalmente pela diminuição da fertilidade. A erosão é uma das principais razões pela qual os solos agrícolas perdem sua capacidade produtiva, a retirada da vegetação nativa de uma determinada área provoca o rompimento, efêmero ou definitivo, no equilíbrio natural existente entre o solo e o meio ambiente.

O processo de erosão será acelerado caso ocorram práticas inadequadas de manejo do solo em atividades agrícolas, deixando o solo muito mais vulnerável ao impacto da chuva.

Assim, solo revolvido é mais facilmente levado pela enxurrada devido ao aumento no seu nível de encharcamento. Dessa forma, o solo fica mais pesado e, auxiliado a declividade do terreno, as chances dos horizontes superficiais do solo serem levados serão maiores.

Além disso, naturalmente o solo agrícola caracteriza-se por apresentar alta susceptibilidade à ocorrência de erosão, visto que o período de preparo e semeadura do solo coincide com o período de elevadas taxas convectivas de chuva, impactando ainda mais no cultivo.

Sobre a adaptação das plantas, Mota (1929) explica que para seu bom desenvolvimento e crescimento, as plantas dependem de sua constituição genética e das condições ambientais do solo e do clima. No entanto, a maioria dos agricultores possui mais conhecimento sobre o manejo do solo do que como explorar os recursos climáticos. Podem-se citar inúmeras razões que explicam o lento progresso da Meteorologia Agrícola, uma delas consiste no pensamento generalizado de que conhecer as relações que se dão entre o clima e as plantas é de pouco valor prático. Exceto em uma escala muito reduzida, o homem não é capaz de mudar o tempo e o clima, mas é capaz de ajustar a prática agrícola ao clima.

Ainda de acordo com Mota (1929), Climatologia é uma ciência que pode contribuir significativamente para solucionar o problema da escolha dos lugares para uma dada cultura ou de uma dada cultura para um lugar. A ausência de conhecimento sobre as relações das

plantas com o clima tem prejudicado diretamente o planejamento inteligente do uso da terra em uma escala maior.

Os experimentos agrônômicos necessitam de certas medidas meteorológicas, sendo a previsão dos rendimentos agrícolas e, portanto, das safras um dos aspectos mais relevantes do estudo agroclimático. Dessa forma, fica clara a ligação que existe entre a Meteorologia e a Agricultura, sendo consideradas como ciência ou como técnicas básicas para o cotidiano.

Em quase todas as fases agrícolas o clima assume significância desde o período de seleção de regiões ou lugares para a instalação de culturas e experimentos agrícolas até o planejamento a longo e curto prazo das atividades agrícolas.

Por possuir uma das maiores indústrias agrícolas do Mundo, o Brasil possui grande necessidade de informações meteorológicas e climatológicas específicas que capacitam os agricultores e criadores a tomarem decisões operacionais de forma correta. Mota (1983) afirma que os serviços meteorológicos devem estar aptos a satisfazer pelo menos quatro tipos de exigências dos agricultores:

- Previsões do tempo detalhadas e adaptadas para as operações agrícolas;
- Serviços de extensão para que os agricultores possam aprender a usar as informações adquiridas na previsão do tempo;
- Observações especializadas de clima no lugar onde as culturas são realizadas;
- Um sistema de comunicações para levar as informações atualizadas sobre o clima através do rádio, televisão e jornais.

Existem alguns exemplos de previsões do tempo especializadas para a agricultura, alguns deles são:

- Probabilidade de chuvas;
- Velocidade e direção dos ventos;
- Condições de secagem;
- Orvalho;
- Previsão de geadas;
- Avisos especiais para a aviação agrícola em épocas de pulverização e polvilhamento das culturas.

As muitas fases da produção agrícola possuem o tempo como condicionante de suas decisões, levando em conta as condições climáticas do passado também. Cada operação agrícola que é omitida ou rejeitada em virtude de determinadas condições climáticas adversas adicionam mais gasto ao custo da produção, tornando a agricultura brasileira menos econômica e mais competitiva nos mercados internacionais. Cada semente que é lançada à terra na época errada e que apodrece no solo em função do frio ou da seca é adicionada ao custo da produção.

As perdas da agricultura devido ao mau planejamento em função das condições climáticas são grandes. O quadro abaixo é encontrado no livro “Meteorologia Agrícola” do Fernando S. da Mota (1983) e refere-se aos Estados Unidos:

<i>Elemento</i>	<i>Perda</i>
(Milhões de dólares)	
Seca	550
Excesso de umidade	216
Tempo frio	165
Ventos	62
Enchente	38
Diversos	11
Total	1.197

No Brasil, não existem estatísticas semelhantes a essa, no entanto, mesmo não se tendo uma ideia concreta sobre as perdas da agricultura devido a condições de clima adversas, alguns exemplos podem ser enumerados como causadores ou colaboradores do prejuízo:

- Perdas em safras de arroz de sequeiro no Brasil Central devido às secas;
- Diminuição das safras de trigo do Rio Grande Do Sul em virtude do excesso de chuva na primavera;
- Prejuízos de grande monta nos cafezais do Norte do Paraná, devido às geadas;
- Seca no nordeste brasileiro afetando a sua agricultura em geral.

O estado de São Paulo é o mais rico do Brasil, possui o terceiro maior *PIB per capita* da Federação e um dos maiores polos econômicos de toda a América Latina. Sua economia é bastante diversificada e conta com a presença de indústrias metalúrgicas, de álcool, açúcar, têxtil e de café que fazem com que o estado responda a um terço do PIB do país. O cultivo da cana de açúcar, do algodão, do café, milho, mandioca arroz, feijão e frutas são os mais expressivos no estado.

3.9 Cálculos e análises do Índice de Chuva e Índice de Precipitação Concentrada

De acordo com Oliver (1980), em 1962, ao elaborar um artigo, Gibbs e Martin desenvolveram um índice para medir a diversificação do emprego nas indústrias para uma

posterior análise regional comparativa. Através do número de funcionários de uma determinada categoria industrial, os autores mostraram que essa diversificação industrial poderia ser medida em uma escala que vai de 0 a 1, onde a diversificação entre os empregados é considerada alta.

Como resultado, os autores obtiveram duas soluções hipotéticas; na primeira, o número total de trabalhadores é o mesmo e a força de trabalho total fica concentrada em apenas uma indústria; na segunda, cada uma das doze indústrias avaliadas para o estudo tem um número igual de funcionários. Dessa forma, o índice de diversificação varia de 0, indicando concentração total industrial, a 0,91, o que indica diversificação total (OLIVER, 1980, p. 1.)

Ao longo do tempo, o índice começou a ser aprimorado, o estudo de Clements e Sturgis, por exemplo, mostrou que o valor máximo de diversificação absoluta depende do número de casa utilizado na análise. Na análise feita por Gibbs e Martin, foram utilizadas 12 indústrias com uma margem de aproximadamente 0.9167 de diversificação, no entanto, se 10 indústrias tivessem sido avaliadas, o valor máximo seria 0.90000. Ambos os autores também observaram que para o índice ser válido em estudos comparativos o mesmo número de categorias deve ser usado.

Esse índice elaborado por Gibbs e Martin pode, comumente, ser utilizado para outros fins, sendo um deles a avaliação da concentração de precipitação em determinado local ao longo de um ano, por exemplo. Nesta situação, cada “caso” seria uma estação climática e cada “categoria” seria um mês do ano. Segundo Oliver (1980), o índice seria válido para fins de comparação, já que cada “caso” seria constituído por doze “categorias” que representam as estações do ano, sem deixar de se considerar o fato de a reversão da escala ser apropriada, pois trata-se de uma aplicação climática.

O uso dos índices é muito eficiente para avaliar os extremos de precipitação, dessa forma muitos autores têm quantificado a análise de séries de chuva e a heterogeneidade dos índices. Por exemplo, Martin-vide (2004) desenvolveu um índice de concentração denominado CI para determinar o possível impacto que diferentes classes de precipitação diária poderiam causar anualmente em determinadas regiões. Para quantificar a heterogeneidade mensal em um ano, Oliver (1980) e De Luis et al. (1997) desenvolveram um índice de concentração de precipitação, denominado PCI, no qual as séries de precipitação são calculadas mensalmente.

Se o aumento da concentração de chuva ocorrer diariamente, a frequência de precipitação diária é que vai aumentar, sendo que o total anual permanece o mesmo ou aumenta com o passar do tempo. Entretanto, se a situação for contrária, ou seja, queda no índice anual de precipitação, significa que a frequência diária das mesmas pode estar diminuindo. O estudo realizado por Mueller e Pfister (2011) indicou que o aumento de

eventos de precipitações intensas ao longo dos últimos 35 anos foi mais acentuado na estação do verão (julho a setembro), mas foi detectado também em outras estações do ano.

O estudo do CI e PCI neste trabalho tem como finalidade avaliar a distribuição da precipitação em todo o estado de São Paulo. O índice foi aplicado a 59 estações meteorológicas em todo o território paulista, através do programa *R*, com dados para o período de 1970 a 2010, permitindo assim os padrões especiais de concentração.

Ambos os índices permitem uma avaliação da concentração da precipitação no estado de São Paulo, ou seja, é possível observar onde ocorre uma maior concentração dos valores pluviométricos em todo o território paulista.

4 MATERIAL E MÉTODO

4.1 Material

Primeiramente foram utilizados os dados diários de precipitação de 129 estações que estão distribuídas por todo o estado de São Paulo (Figura 8). Através dessas séries foi possível estudar a dinâmica e variabilidade das chuvas em todo o território paulista. As estações foram obtidas pela Agência Nacional de Água (ANA), através do seu *site HIDROWEB*. Os dados de todas as estações foram organizados no formato mensal para o posterior desenvolvimento das isolinhas de precipitação que estão localizadas no mapa a seguir. Em seguida, com outras 59 estações de dados diários de precipitação, foram elaborados os cálculos, dentre outras análises do Índice de Chuva (CI) e Índice de Precipitação Concentrada (PCI), com as quais também foram elaborados mapas de isolinhas de precipitação para o território paulista. Ambos os índices foram obtidos no *software R* e os mapas elaborados no *software Golden Surfer 8*.

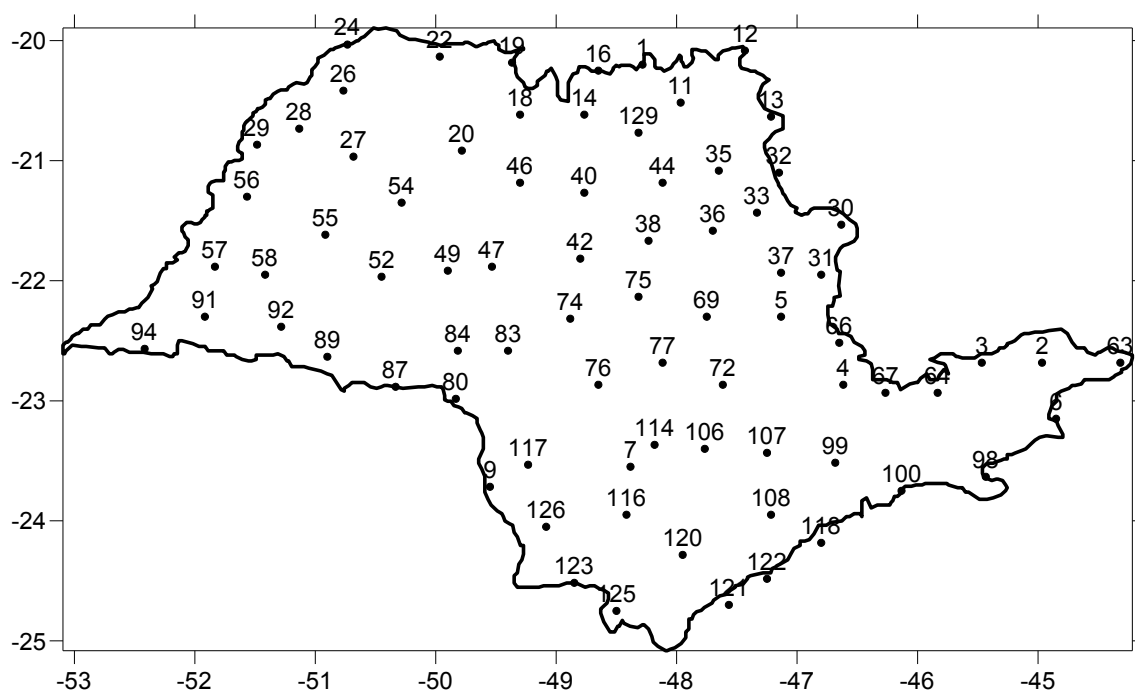


Figura 8: Mapa das estações meteorológicas diárias do estado de São Paulo, utilizadas na análise e construção dos mapas de isolinhas de precipitação

4.2 Método

Para a elaboração desta pesquisa foi utilizada uma série de dados climáticos do estado de São Paulo, compreendendo um período de 34 anos. Os anos de 1976, 1982, 1983, 1985, 1997, 2005 e 2010 foram selecionados devido à influência dos fenômenos El Niño (fase quente do oceano Pacífico Equatorial - ENSO) e La Niña (fase fria do oceano Pacífico Equatorial - ENOS) em cada um deles. Todos os anos escolhidos tiveram a ocorrência de El Niño e/ou La Niña, sendo o ano de 1976 o único no qual houve a presença dos dois fenômenos, El Niño fraco e La Niña forte. Em 1982 e 1983 houve ocorrência severa de El Niño e, em 2005 e 2010, fraca. O ano de 1985 apresenta ocorrência apenas de La Niña, em uma intensidade definida como fraca, ano em que ocorreu um evento denominado de La Niña (fase fria do oceano Pacífico Equatorial).

Foram elaborados mapas de isolinhas de precipitação mensal dos anos em questão e da quantidade anual de chuva, através dos quais será possível uma discussão e análise não só da dinâmica pluvial do território paulista, mas também da influência que essa dinâmica exerce sobre diferentes segmentos econômicos, agrícolas e sociais do estado.

Para atingir os objetivos propostos, foram adotados os seguintes procedimentos metodológicos:

4.2.1 Seleção da área de estudo

A seleção dos pontos de estudo em todo o estado de São Paulo foi realizada para garantir uma espacialização mais completa da área, de modo que as estações com dados de precipitação pudessem abranger todo o território paulista. Os dados diários de

precipitação, dos anos de 1976, 1982, 1983, 1985, 1997, 2005 e 2010 foram selecionados no *site* do Instituto de Previsão Meteorológica (IPMet) e estes foram distribuídos e organizados em planilhas do *software Microsoft Excel 2003* que possibilitou a construção dos mapas pluviométricos de todos os anos citados no *software Golden Surfer 8*. Em seguida, após os cálculos e análises da base de dados no *software R*, outros mapas foram desenvolvidos para representar o Índice de Chuva e o Índice de Precipitação Concentrada.

4.2.2 Elaboração de Mapas de Isolinhas pluviométricas

Com a utilização do *software Surfer8*, os mapas com isolinhas de precipitação foram confeccionados para a visualização das chuvas durante os anos selecionados. Foram elaborados mapas de dias nos quais ocorreram precipitação e quantidade de chuva em milímetros. Para confecção dos mapas pluviométricos buscou-se utilizar um padrão para melhor organização das informações, portanto as isolinhas de precipitação diária estão padronizadas de 30 em 30 dias e as isolinhas referentes à quantidade de precipitação, foram padronizadas de 50 em 50 milímetros. Posterior a isso e com os dados diários transformados em mensais, mapas de média mensal da precipitação, coeficiente de variação e desvio padrão foram gerados.

5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

5.1 Mapas de pluviosidade

A média anual de precipitação durante o período de 1970 a 2010 foi estabelecida e retratada através das isolinhas (Figura 9). Nota-se que os valores que ultrapassam os 1500 milímetros concentram-se na região litorânea do território paulista e que a maioria do estado apresenta valores concentrados nos 1400 milímetros de precipitação anual.

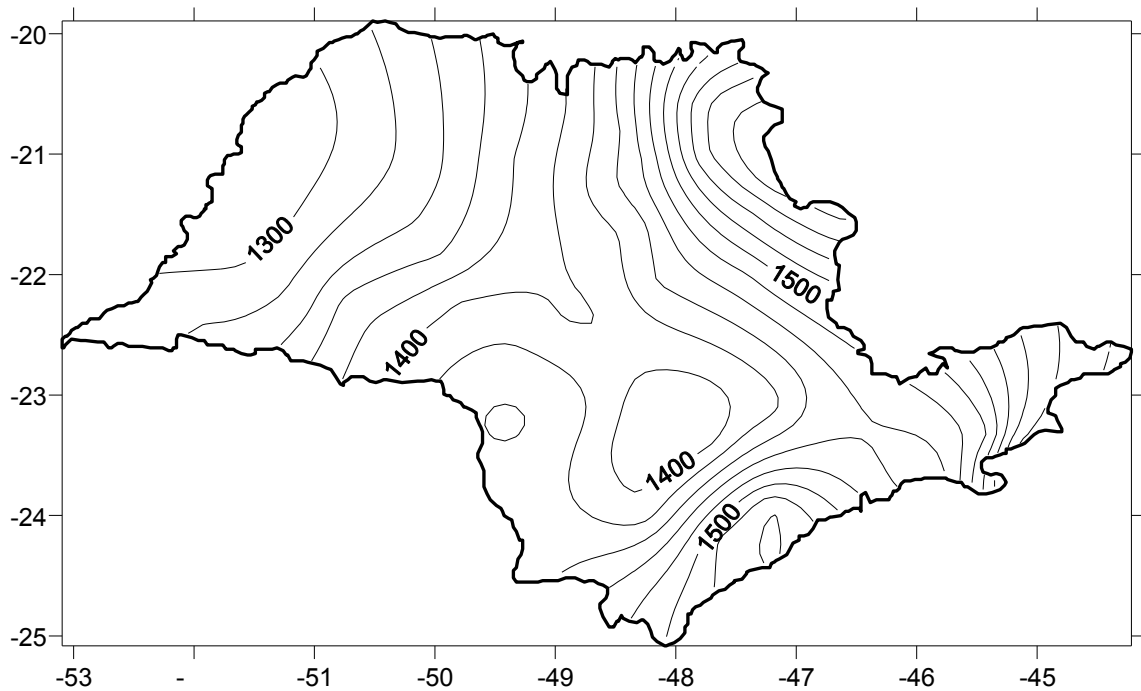


Figura 9: Mapa da precipitação média do estado de São Paulo, de 1970 a 2010, de acordo com as 59 estações pluviométricas utilizadas nos cálculos e análises do CI e PCI

Para determinar a variabilidade dos dados, o desvio padrão e o coeficiente de variação dos dados das estações meteorológicas utilizadas na pesquisa foram analisados. O desvio padrão possui propriedades que o caracterizam como uma medida de dispersão extremamente útil quando se quer descrever uma variação observada em valores de um conjunto de dados e, para tal, informar a homogeneidade ou não deste conjunto. Sendo assim, se o desvio padrão da série é pequeno, trata-se de uma amostra homogênea, se o valor for alto, então, trata-se de uma amostra heterogênea.

O coeficiente de variação expressa a relação percentual do desvio padrão em relação à média. Em suma, o desvio padrão nada mais é do que a dispersão absoluta e o coeficiente de variação, a dispersão relativa, sendo este a divisão entre o desvio padrão e a média da série analisada:

$$\text{Coeficiente de variação (CV)} = \frac{\text{desvio padrão}}{\text{média}} \times 100 \quad \Rightarrow \quad CV = \frac{\sigma(x)}{x} \times 100$$

É possível concluir que a medida de dispersão relativa ou coeficiente de variação prevalece sobre a medida de dispersão absoluta ou desvio padrão. Quando os valores do coeficiente de variação são menores que 20%, trata-se de uma amostra homogênea, no entanto se os valores ultrapassarem 20%, a amostra é heterogênea.

As Figuras 10 e 11 são referentes ao desvio padrão e coeficiente de variação respectivamente e mostram a homogeneidade da precipitação no estado de São Paulo. Ao longo de todo o período estudado, de 1970 a 2010, percebe-se a variabilidade exercida pela

dinâmica da precipitação no estado, dependendo de fatores meteorológicos como o El Niño e o La Niña, por exemplo. Entretanto, a análise geral da série de dados meteorológicos do período aponta para certa homogeneidade dos dados. Tal homogeneidade fica perceptível durante a análise dos valores do coeficiente de variação, que não ultrapassam os 20% na maioria do território.

Os valores que expressam o desvio padrão da série, ou seja, a variabilidade da chuva em relação à média, podem ser considerados como baixos se comparados à média anual da precipitação que ultrapassam os 1.500 mm. Os valores expressos em porcentagem dos coeficientes de variação confirmam a estabilidade dos dados em relação à variação, já que não ultrapassam os 20%. Observa-se que valores um pouco acima dos 20% estão localizados no litoral do estado, onde a intensidade da precipitação é maior.

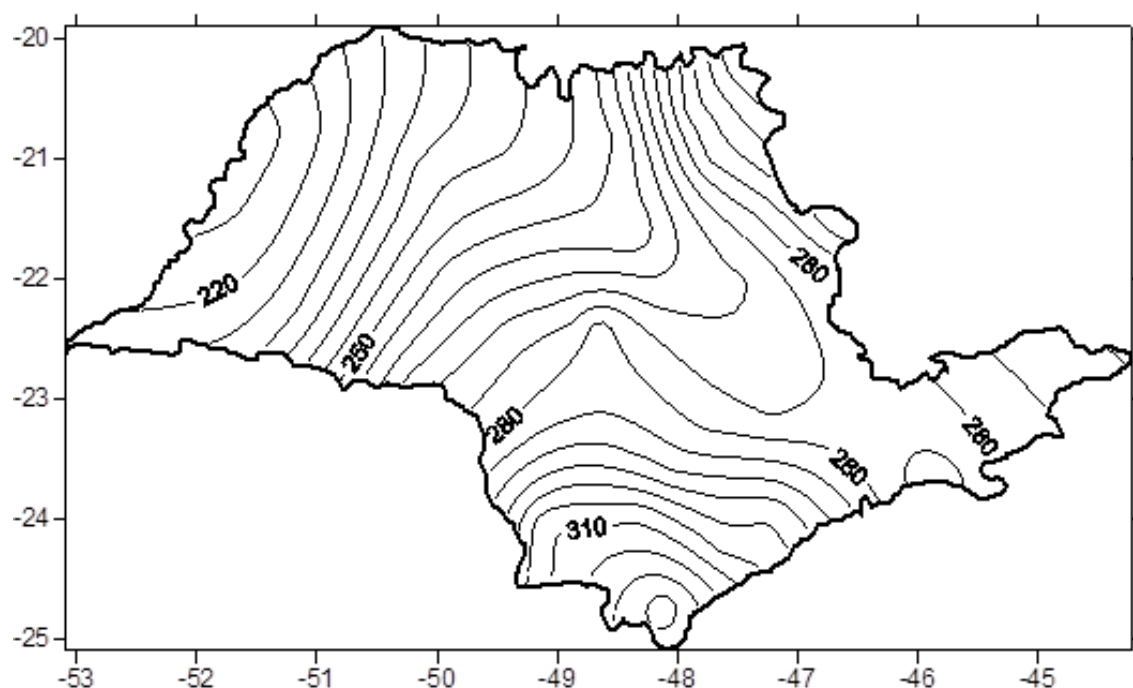


Figura 10: Mapa do desvio padrão da precipitação média do estado de São Paulo, de 1970 a 2010

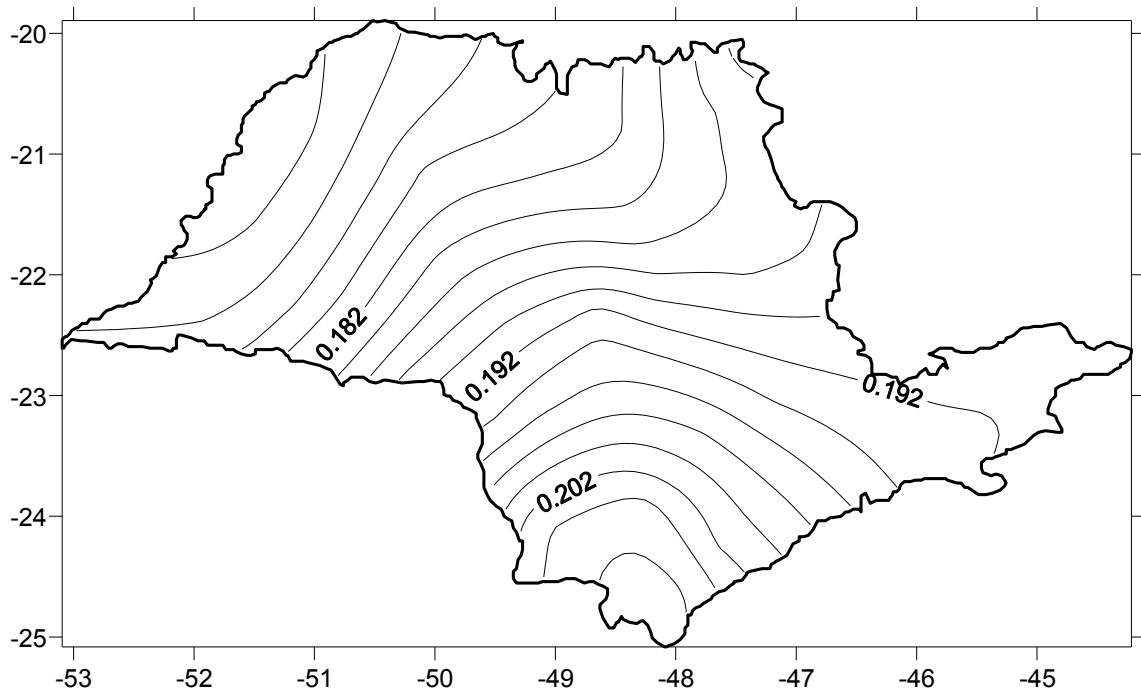


Figura 11: Mapa do coeficiente de variação, em porcentagem, da precipitação média do estado de São Paulo, de 1970 a 2010

Os mapas de precipitação pluvial a seguir indicam a quantidade de dias de chuva e a quantidade de precipitação em milímetros para os anos de 1976, 1982, 1983, 1985, 1997, 2005 e 2010, respectivamente, levando em consideração a ocorrência ou não dos fenômenos meteorológicos El Niño e La Niña em cada um deles para a realização de análise e posterior conclusão dos resultados.

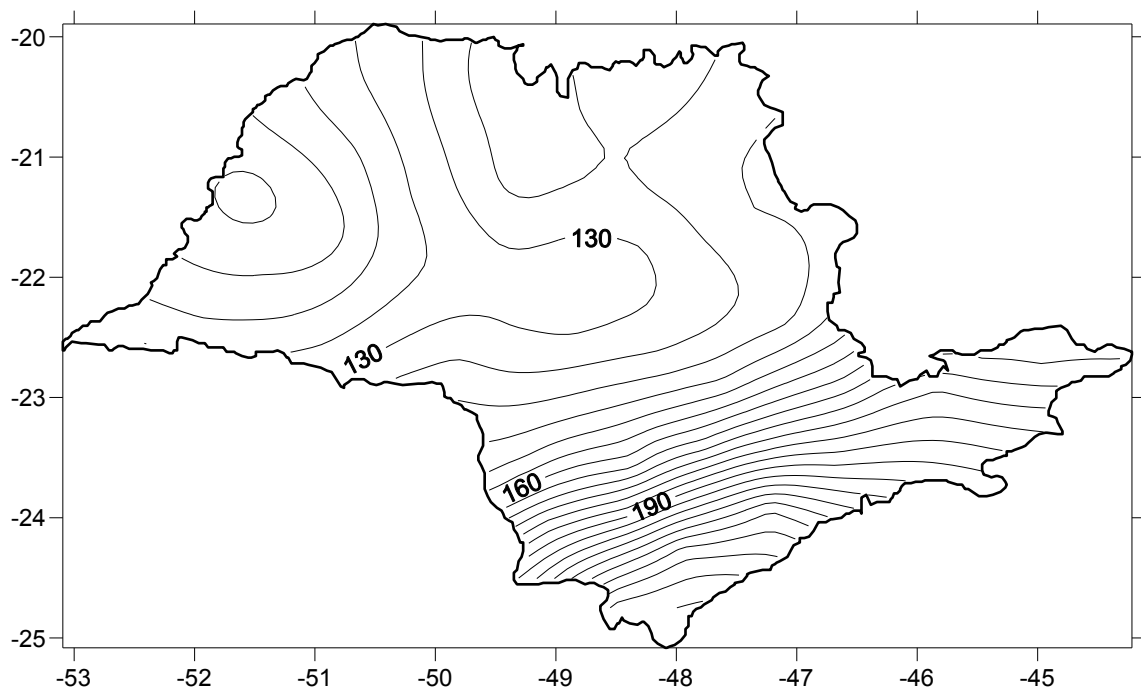


Figura 12: Mapa dos dias de precipitações pluviométricas diárias no estado de São Paulo, em 1976

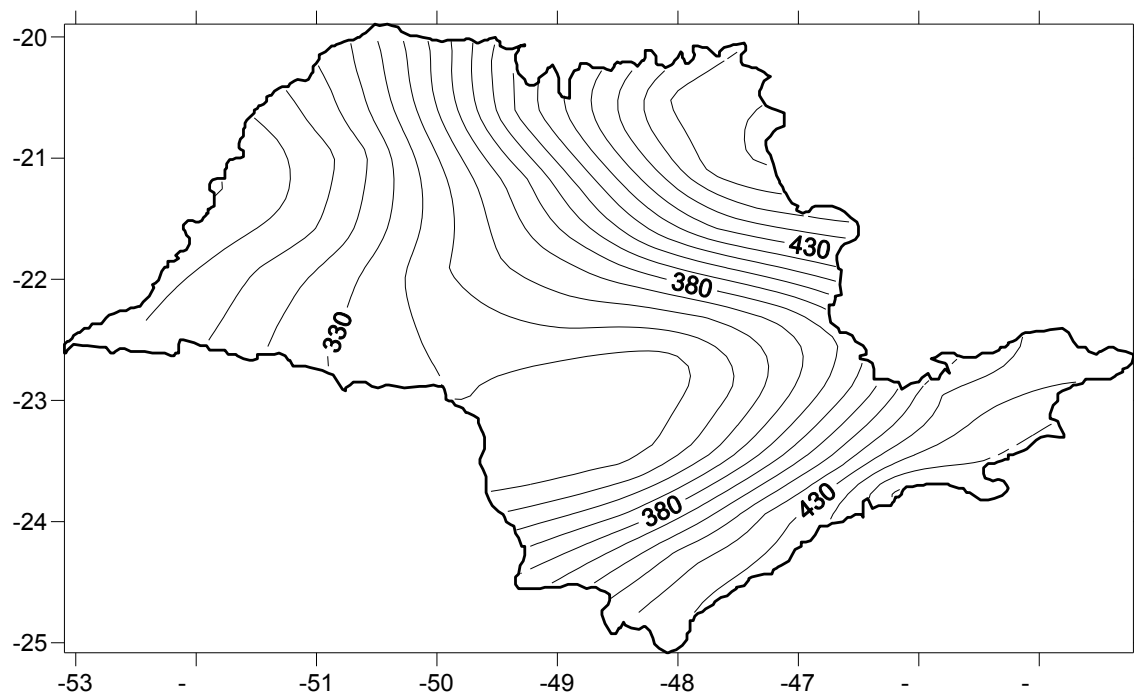


Figura 13: Mapa de distribuição da quantidade em milímetros das precipitações pluviométricas no estado de São Paulo, em 1976

No ano de 1976 (Figuras 12 e 13) o fenômeno La Niña ocorreu de forma marcadamente intensa no Brasil, favorecendo a ocorrência de temperaturas próximas ou um pouco abaixo da média durante o inverno e volumes de precipitação um pouco abaixo do normal na parte sul do estado de São Paulo, o que de modo algum afeta as culturas de trigo e sequeiro, por exemplo, podendo até mesmo favorecer uma menor incidência de pragas e doenças derivadas de fungos.

É possível notar a variação pluviométrica, por exemplo, na região Central e Centro – Oeste do território paulista, onde os dias que apresentaram ocorrência de precipitação se dão em menor quantidade (Figura 12). Nos municípios de Assis, Marília e Araraquara, a precipitação diária anual não passa de 130 dias, diminuindo ao oeste do estado, onde localizam-se os municípios de Presidente Prudente, Araçatuba e São José do Rio Preto. O ano de 1976 apresentou baixa quantidade de dias nos quais a precipitação ocorreu, e a quantidade de chuva em milímetros também se apresenta abaixo da média climatológica normal do estado (Figura 13), que varia em torno de 1.200 a 1.800 milímetros por ano.

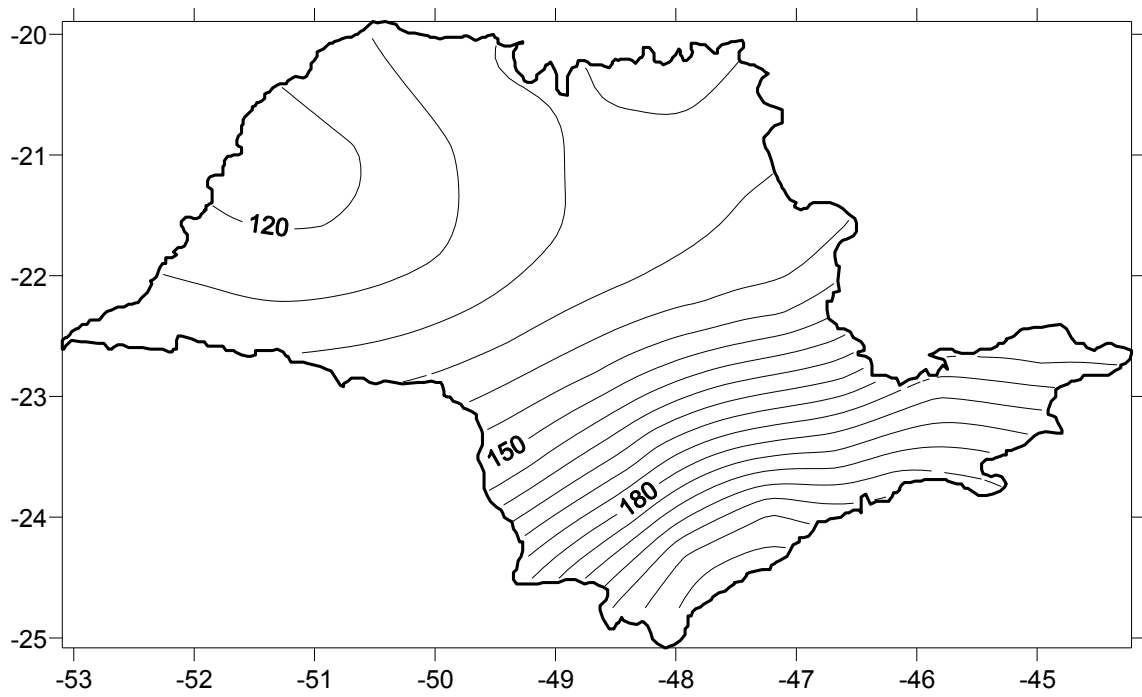


Figura 14: Mapa de distribuição das precipitações pluviométricas diárias no estado de São Paulo, em 1982

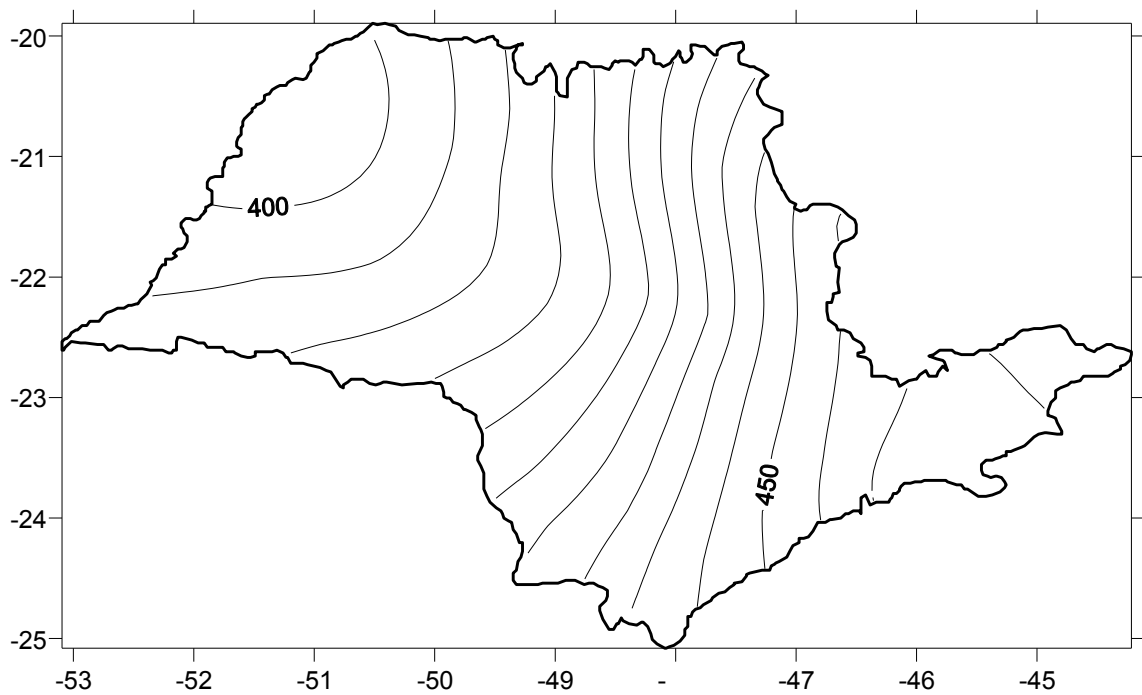


Figura 15: Mapa de distribuição da quantidade em milímetros das precipitações pluviométricas no estado de São Paulo, em 1982

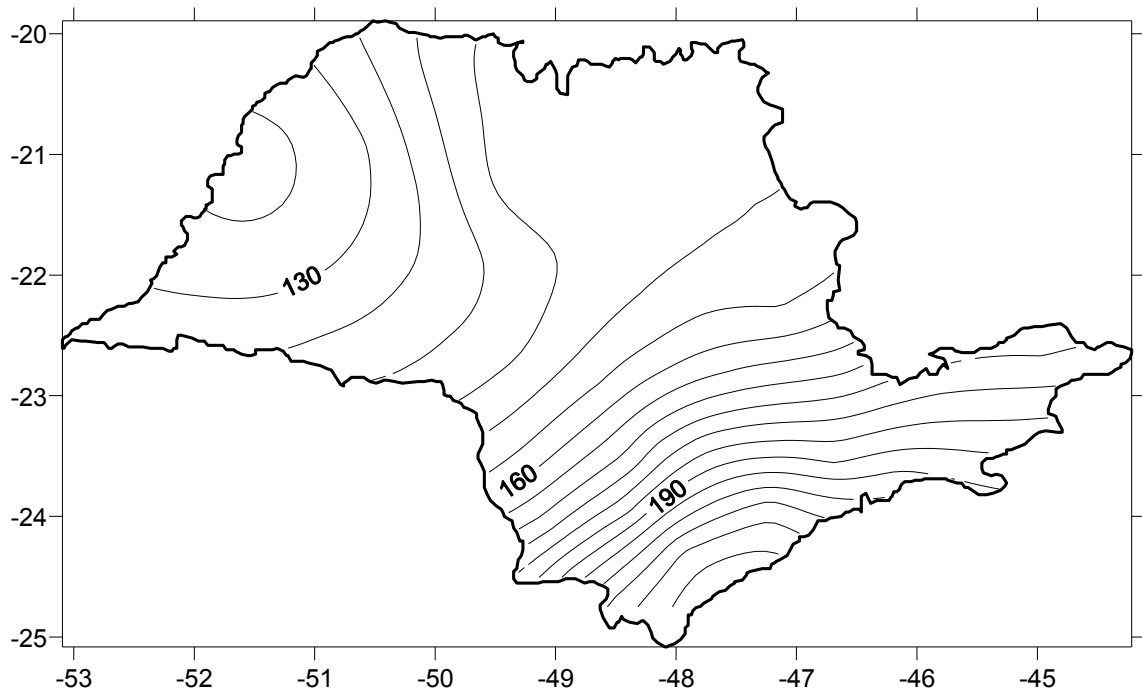


Figura 16: Mapa de distribuição das precipitações pluviométricas diárias no estado de São Paulo, em 1983

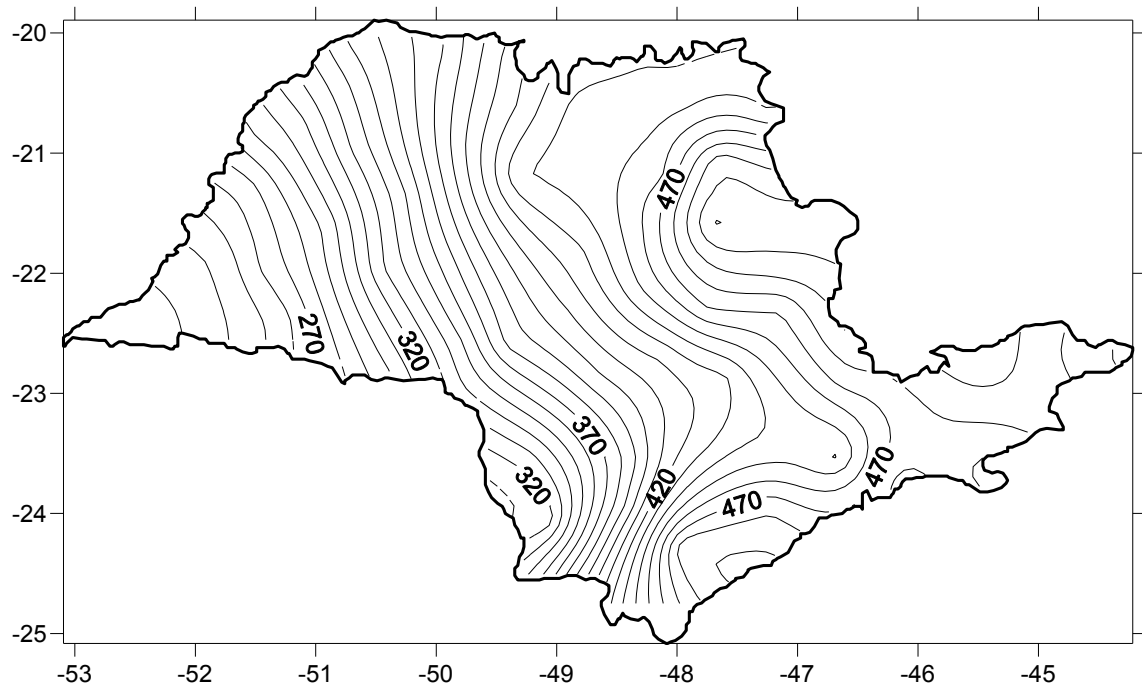


Figura 17: Mapa de distribuição da quantidade em milímetros das precipitações pluviométricas no estado de São Paulo, em 1983

Nos anos de 1982 e 1983 com a atuação do fenômeno El Niño no país, pôde-se notar uma anomalia nas temperaturas da região Sudeste, ficando acima da normal climatológica durante o inverno, o que pôde trazer benefícios para alguns agricultores no período, já que a incidência de geadas diminui significativamente. Quando o fenômeno ocorre no verão, o aumento acima do normal das temperaturas favorece a formação de

nuvens e a conseqüente ocorrência de precipitação intensa como grandes temporais e enchentes, principalmente nas grandes cidades como São Paulo. As figuras mostram que tanto a quantidade de dias com precipitação quanto a quantidade de precipitação possuem altos índices com relação a normal climatológica do estado.

Em 1983, a presença do fenômeno El Niño foi marcada por excepcional elevação da temperatura da superfície do mar, sendo que nos trimestres de março/abril/maio e junho/julho/agosto, os índices pluviométricos na região Sudeste do Brasil superaram os níveis normais por mais de meio desvio padrão (NERY & MARTINS, 1998). Choveu muito em todo o estado de São Paulo, até mesmo em municípios localizados em regiões consideradas “secas” como Assis, Marília e Presidente Prudente, localizados no Centro-Oeste e Oeste do território paulista, respectivamente (Figuras 16 e 17).

Os índices pluviométricos na cidade de São Paulo apresentaram no mês de maio do ano de 1983 uma elevação de mais de 300%. A precipitação excessiva foi causada por sistemas frontais, isto é, frentes frias que, ficando bloqueadas, teriam permanecido muito tempo estacionadas sobre essas regiões, tendo grande atividade (NERY & MARTINS, 1998).

Na Baixada Santista, Vale do Ribeira e em regiões localizadas mais ao Norte do estado como Araraquara e Ribeirão Preto, os valores pluviométricos são altíssimos, ultrapassando os 450 milímetros (Figura 17). Nota-se que a quantidade de dias em que ocorreu precipitação não está muito abaixo da média normal climatológica, no entanto, a quantidade de chuva em milímetros extrapola os índices normais, fazendo dos anos de 1982/1983 extremamente chuvosos.

O ano de 1983 ficou “famoso” devido a um episódio de enchente que castigou muito a população da região de Campinas (SP). Por exemplo, o município de Salto (SP), localizado próximo à Região Metropolitana de Campinas, ficou devastado devido à enchente. Segundo o historiador Elton Frias Zanoni (2009), o município ficou assolado com a quantidade de volume de água e os estragos causados por esta. Dezenas de famílias que residiam próximo a áreas de baixadas foram transferidas às pressas.

O *blog* “Arquivo Geral” retoma o passado do município de Sorocaba (SP) e conta que a cidade também foi bastante castigada pela enchente que acarretou desmoronamentos e muitos desabrigados. No mês de fevereiro, estação do verão, a represa de Itupararanga subiu de forma assustadora e o rio Sorocaba transbordou e atingiu muitas residências instaladas na Marginal. Assim como Salto e Sorocaba, diversas cidades de todo o estado de São Paulo sofreram muitas perdas devido à severidade da enchente, muito agricultores da época tiveram suas safras prejudicadas ou até mesmo perdidas e o território paulista entrou em estado de alerta e calamidade. O vale do Ribeira, por exemplo, localizado ao sul do estado, teve grande parte da população desabrigada no ano de 1983 e sem qualquer auxílio de uma política de reconstrução em áreas fora de risco.

Também é preciso levar em consideração a possível ocorrência de uma Zona de Convergência do Atlântico Sul que possui evidentes associações com períodos de enchentes de verão na região Sudeste e veranicos na região Sul, permanecendo sobre a região Sudeste por prolongados períodos (NERY, 2004).

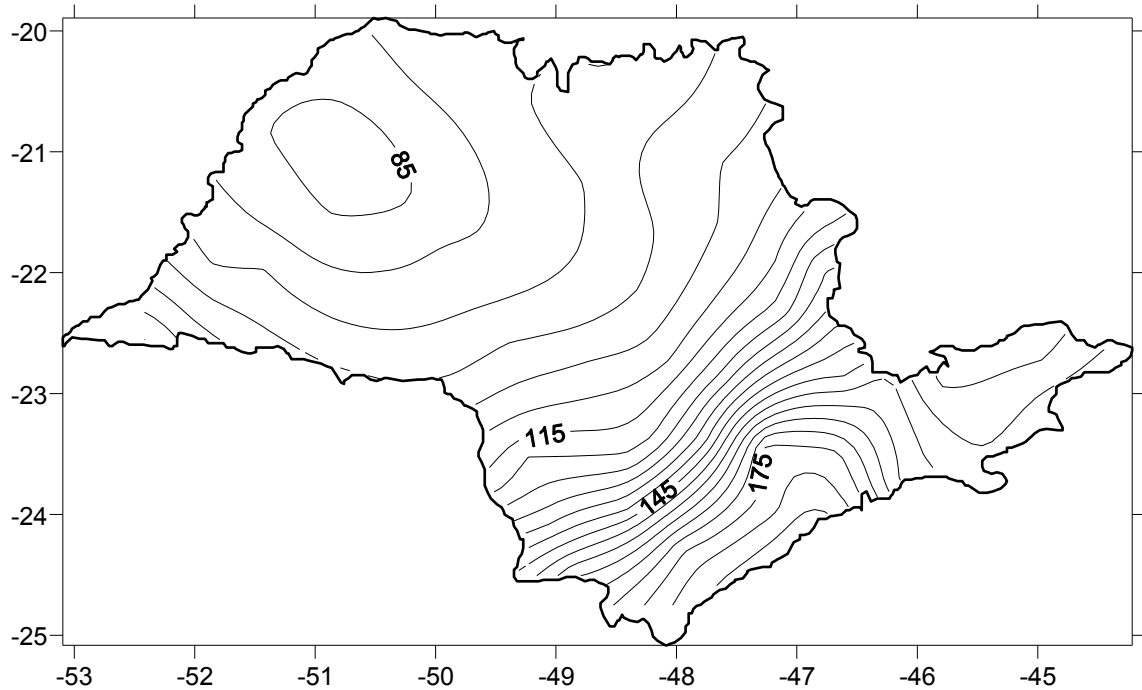


Figura 18: Mapa de distribuição das precipitações pluviométricas diárias no estado de São Paulo, em 1985

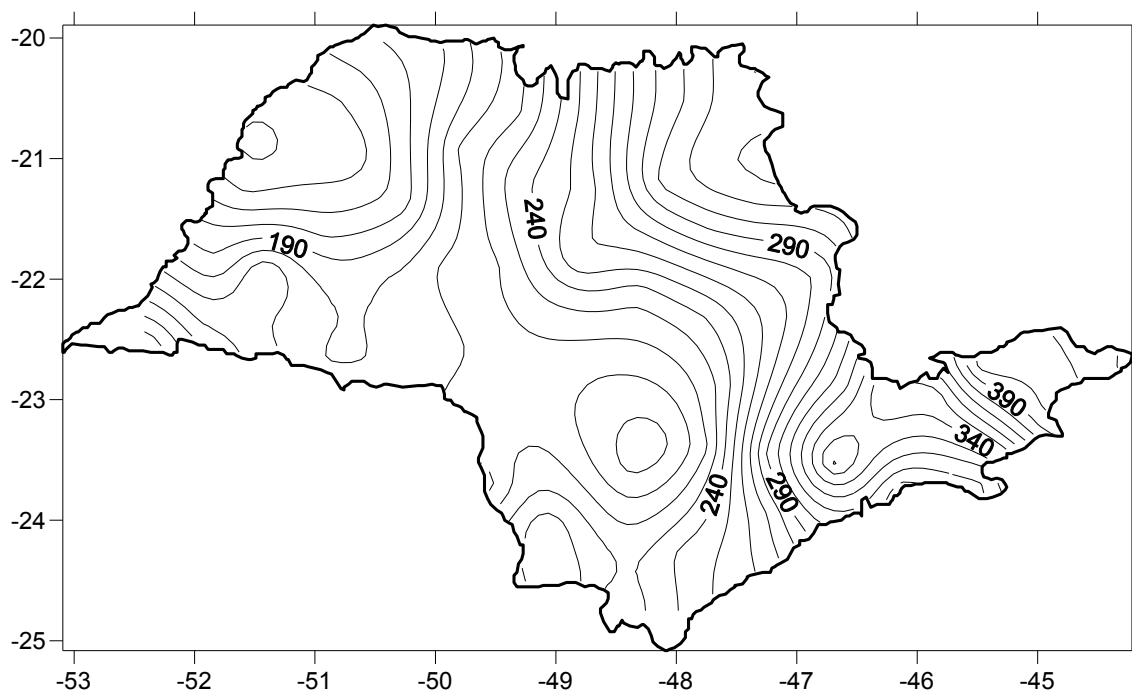


Figura 19: Mapa de distribuição da quantidade em milímetros das precipitações pluviométricas no estado de São Paulo, em 1985

O ano de 1985 (Figuras 18 e 19) foi marcado pela atuação do fenômeno meteorológico, o mês de outubro desse ano registrou uma redução de aproximadamente 88% nos índices pluviométricos da cidade de São Paulo (NERY & MARTINS, 1998).

Os valores pluviométricos do ano de 1985 foram realmente baixos, ao longo do ano, o estado de São Paulo apresentou baixa quantidade de dias em que ocorreu precipitação, bem como baixa quantidade de precipitação em milímetros. Notam-se baixos valores na regiões Oeste do território paulista, o que não é atípico, já que se trata de uma região mais seca que as demais, porém, especialmente no ano de 1985, a quantidade de dias em que ocorreu precipitação foi muito baixa. Valores abaixo da média também são registrados no litoral do estado, principalmente na baixada santista. O litoral Norte também apresenta índices abaixo da média.

As Figuras 20 e 21 a seguir referem-se ao ano de 1997. O fenômeno meteorológico El Niño também esteve presente neste ano, modificando todo um conjunto de atividades como as agrícolas e hidrológicas, das quais muitas outras dependem e que estão diretamente associadas ao regime de chuvas, sendo gravemente afetadas pelas secas ou enchentes decorrentes da redução ou aumento das precipitações (MOLION, 1989).

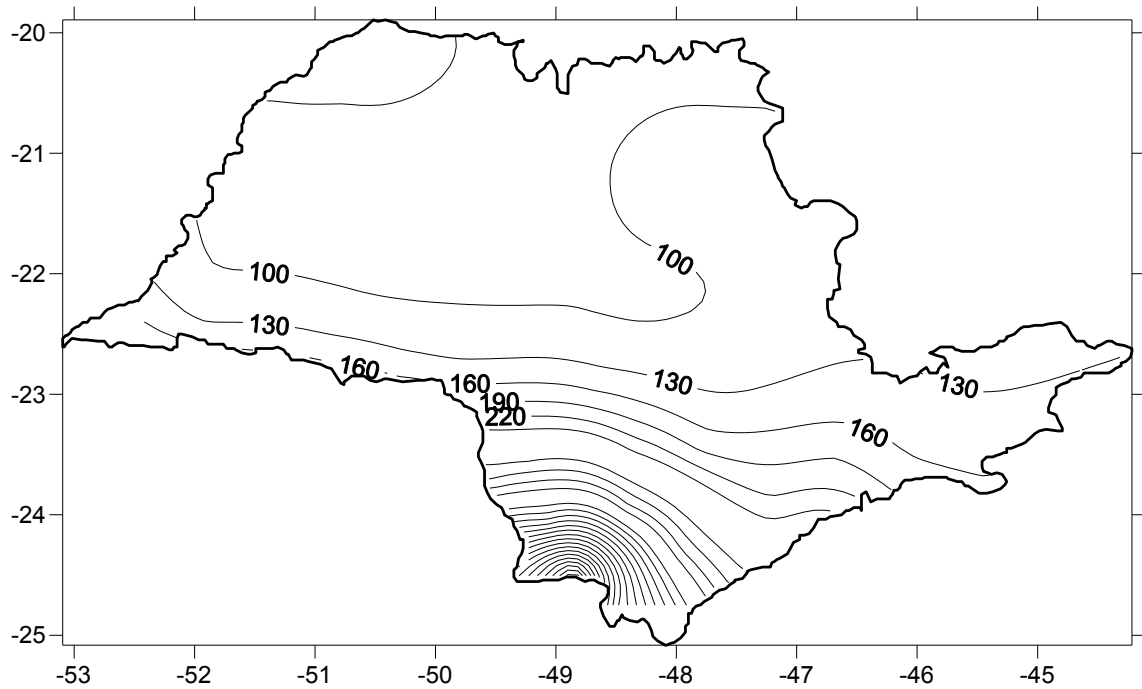


Figura 20: Mapa de distribuição das precipitações pluviométricas diárias no estado de São Paulo em 1997

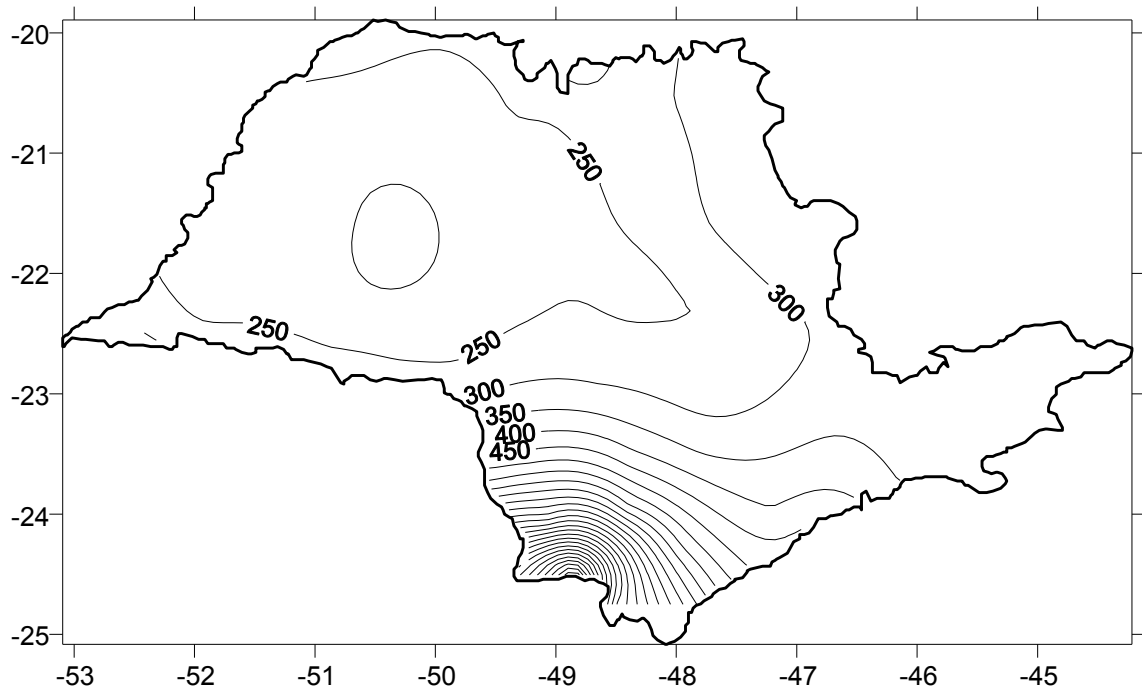


Figura 21: Mapa de distribuição da quantidade em milímetros das precipitações pluviométricas no estado de São Paulo em 1997

Nota-se que a quantidade de precipitação em milímetros é alta até mesmo nas regiões mais áridas do estado de São Paulo, como Presidente Prudente, Araçatuba e Ribeirão Preto (Figura 21). O volume de chuvas foi alto também no centro-oeste paulista, em municípios como Ourinhos, Avaré e Botucatu. Mais ao Sul do estado, em Registro, Ilha Cumprida e Cananéia, os valores de precipitação ultrapassam os 450 milímetros.

No ano de 1997, o Sudeste do Brasil viveu episódio semelhante, porém não tão severo como no ano de 1983, no qual a população foi extremamente castigada por inundações, como as que ocorreram na região de Campinas (SP).

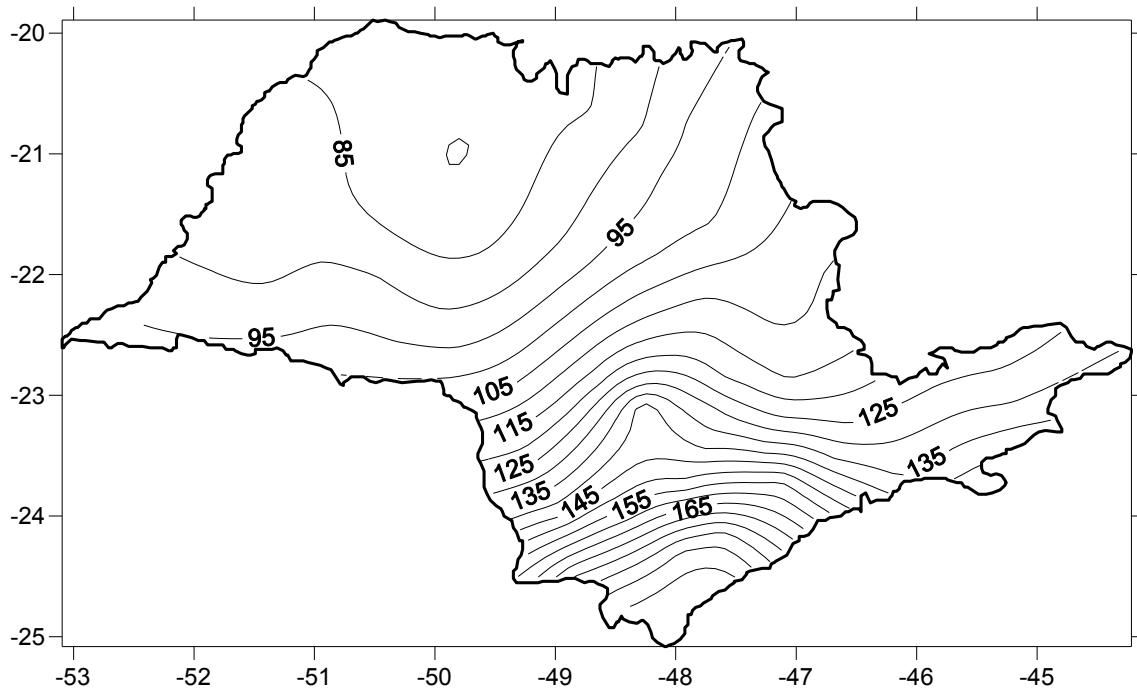


Figura 22: Mapa de distribuição das precipitações pluviométricas diárias no estado de São Paulo em 2005

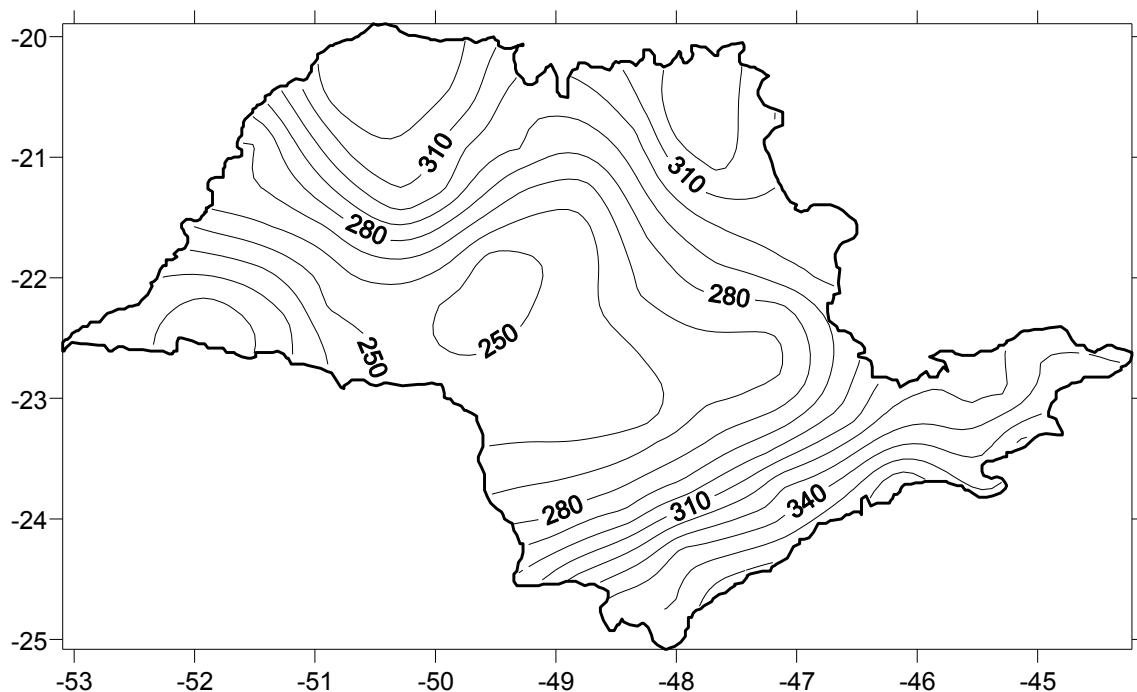


Figura 23: Mapa de distribuição da quantidade em milímetros das precipitações pluviométricas no estado de São Paulo em 2005

No ano de 2005 (Figuras 22 e 23) registrou-se a ocorrência de El Niño de intensidade fraca, o que sugere um certo “equilíbrio” no volume de chuvas que caiu sobre a

região Sudeste do Brasil nesse período. O fenômeno La Niña não ocorreu neste ano. A quantidade de dias em que ocorreu precipitação (Figura 22) é um tanto quanto baixa em relação a anos de El Niño severo, como 1983, por exemplo. Nas regiões já consideradas “áridas” do território paulista, onde já chove muito pouco, os valores conseguem ser ainda menores neste ano. A quantidade de precipitação em milímetros (Figura 23) não está tão abaixo da média normal climatológica, mas por se tratar de um ano de El Niño, o volume de chuvas está baixo, o que deve-se ao fator intensidade dos fenômenos meteorológicos nesse período, que foi baixa. Percebe-se uma diminuição das chuvas no litoral do estado, onde os valores costumam ser bem altos e também na região central do território paulista. No quesito “mundial”, o ano de 2005 foi marcado por catástrofes naturais como os furacões Katrina e Rita que atingiram os Estados Unidos (principalmente o litoral sul) e o tsunami no sudeste da Ásia, que matou aproximadamente 230 mil pessoas.

Assim como em 2005, em 2010 (Figuras 24 e 25) a intensidade do fenômeno El Niño também foi fraca e não houve ocorrência de La Niña. A distribuição pluviométrica, bem como o volume de chuvas em milímetros, são semelhantes aos do ano de 2005, no entanto trata-se de um ano mais seco.

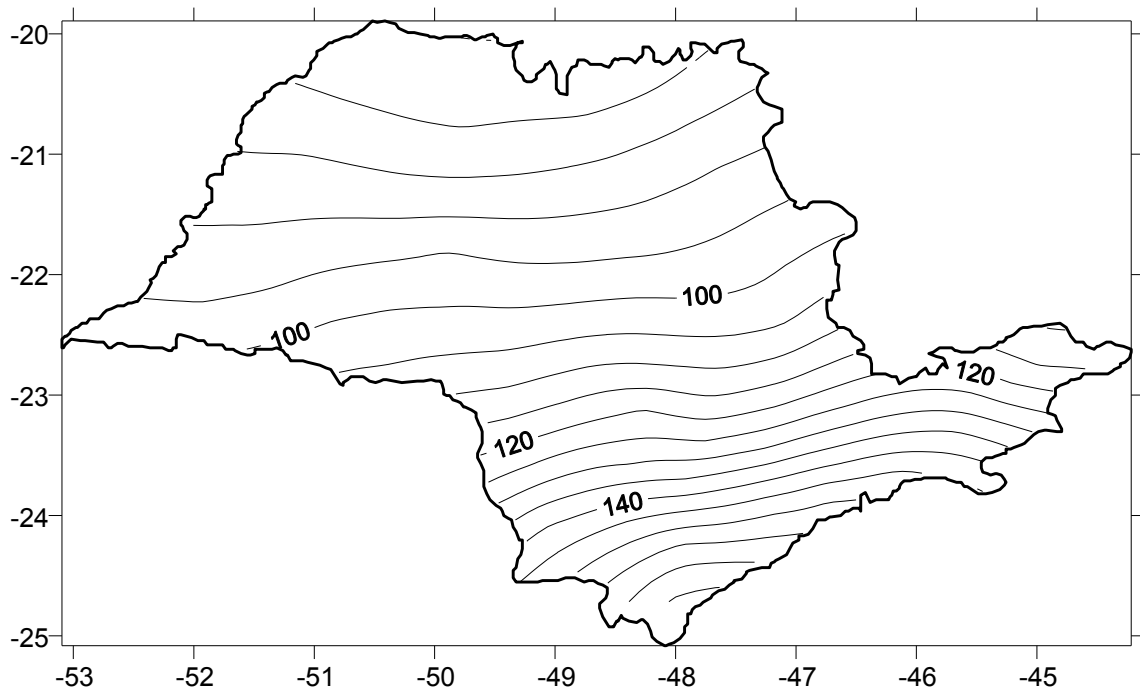


Figura 24: Mapa de distribuição das precipitações pluviométricas diárias no estado de São Paulo em 2010

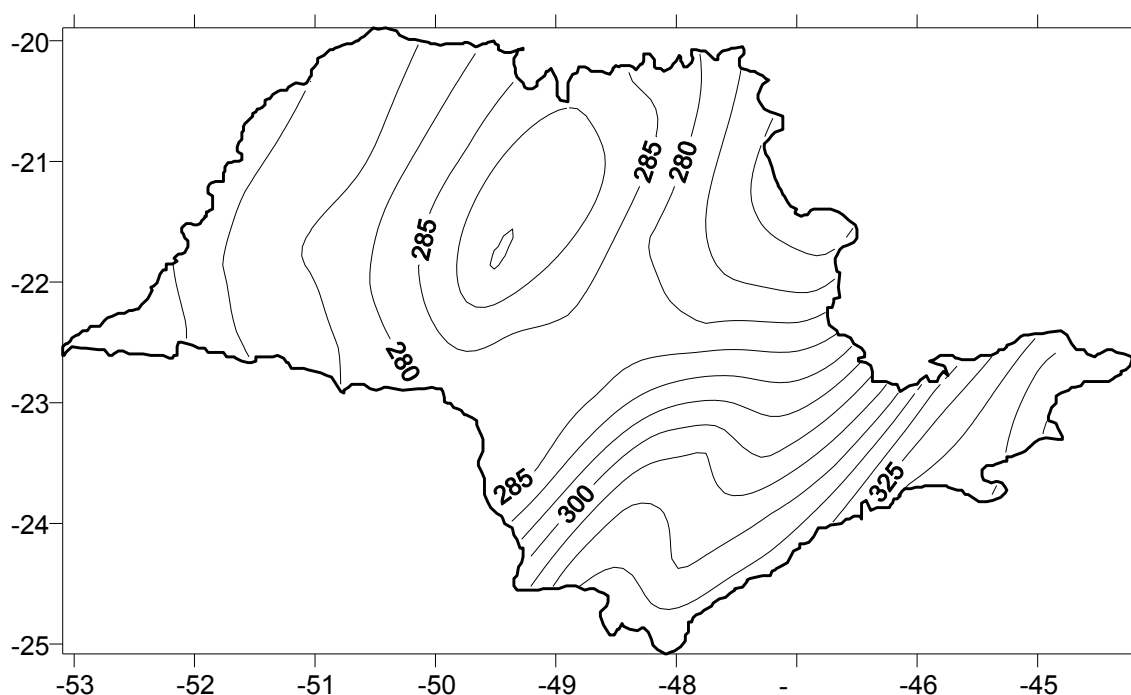


Figura 25: Mapa de distribuição da quantidade em milímetros das precipitações pluviométricas no estado de São Paulo em 2010

Analisando a quantidade de dias em que ocorreu precipitação para qualificar o ano de 2010, constata-se que foi um ano seco, com poucos dias em que ocorreu precipitação, ou seja, ocorreu uma estiagem, no entanto não tão severa quanto a de 1985. Esse fator é o que difere os anos de 2005 e 2010, já que no segundo a quantidade de dias em que ocorreu precipitação foi maior. Na região do estado onde se localizam os municípios de Presidente Prudente e Araçatuba a estiagem foi mais severa, prejudicando o desenvolvimento e colheita de certas culturas no período e favorecendo o cultivo de outras.

Matérias em jornais, notas e reportagens televisivas qualificaram o mês de janeiro de 2010 como o mais seco dos últimos 11 anos, na época. Segundo o Correio Braziliense, em uma publicação de 02 de fevereiro de 2010, foram registrados apenas 121 mm de chuva durante os 31 dias do mês de janeiro, valor bastante abaixo do normal esperado para esse período do ano.

5.2 Estimativa dos índices de chuva

5.2.1 O Índice de Concentração (CI) no estado de São Paulo

O índice de concentração (CI) avalia a variação da precipitação diária, ou seja, é apresentada a contribuição dos dias de maior precipitação pluviométrica para o montante total. O índice é aplicado a curvas exponenciais, como $Y = aX \exp(bX)$, que ajustam os percentuais acumulados de precipitação Y e contribuem para a percentagem acumulada de X dias em que ela ocorreu.

Estes resultados podem ser observados na representação gráfica abaixo (Figura 26) onde a percentagem cumulativa de dias chuvosos (próximo a última coluna), N_i (%) ou X , é representada em função da percentagem cumulativa da quantidade de chuva (última coluna), P_i (%) ou Y em que é possível notar que a linha poligonal resultante é marcadamente exponencial.

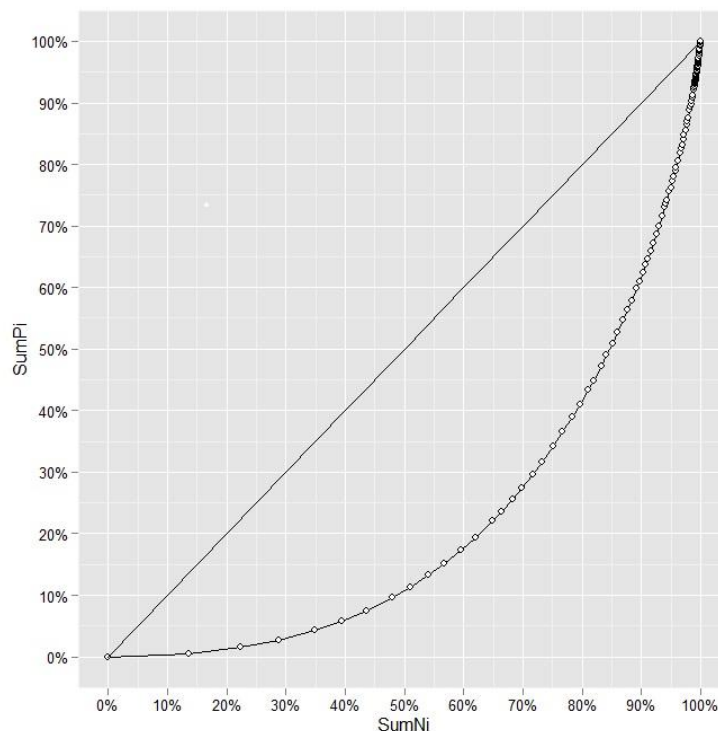


Figura 26: Curva de Lorenz, referente à estação meteorológica de número 5, representando os dias de precipitação acumulados contra quantidade de precipitação acumulada no estado de São Paulo, de 1970 a 2010

A concentração ou irregularidade pode ser considerada como sendo uma função da separação relativa de linha equidistribuição. Sendo assim, a linha poligonal da curva de Lorenz representa uma região com uma maior concentração ou irregularidade do que a linha perpendicular a ela. De acordo com a Figura 26, em 10% de dias chuvosos tem-se aproximadamente 42% do total de precipitação.

A linha poligonal é denominada curva de concentração ou curva de Lorenz, utilizada em muitas áreas estatísticas (SHAW & WHEELER, 1994). Junto à linha poligonal está a zona S delimitada pela bissetriz do quadrante, fornecendo uma medida de concentração, pois quanto maior a área, maior a concentração.

As figuras a seguir (27, 28 e 29) referem-se aos cálculos de CI, em intervalos de 5, 1 e 10 milímetros de chuva, respectivamente, para o período de 1970 a 2010, no estado de São Paulo.

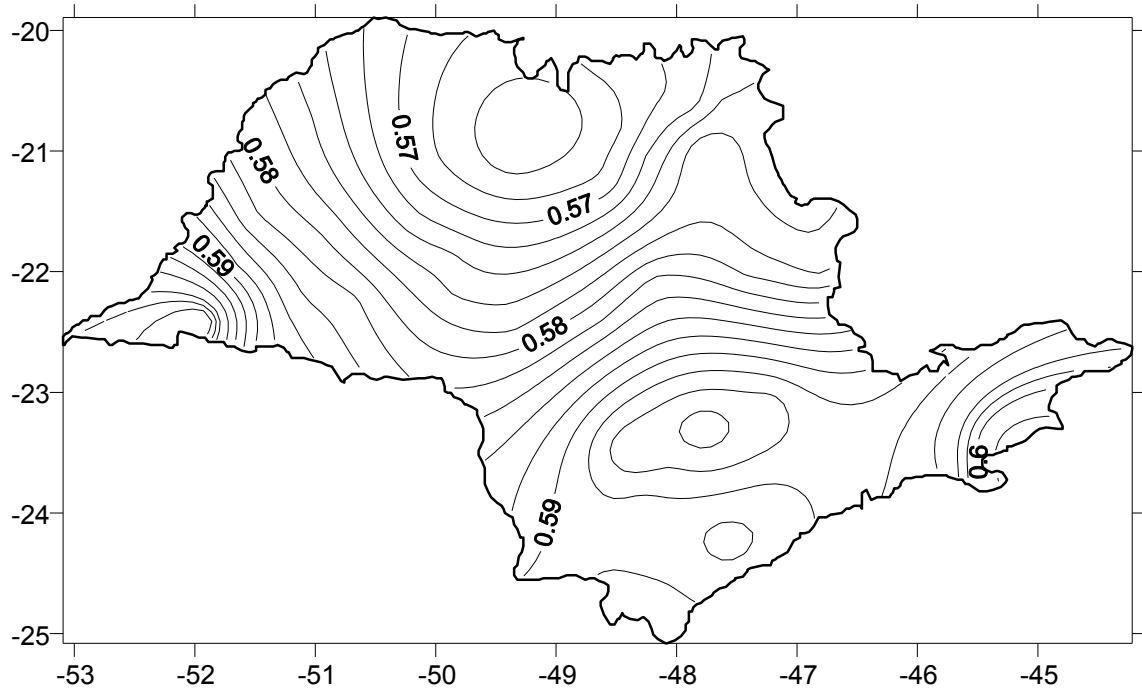


Figura 27: Mapa do Índice de Concentração (CI) da precipitação no estado de São Paulo, com intervalo de 1 milímetro, de 1970 a 2010

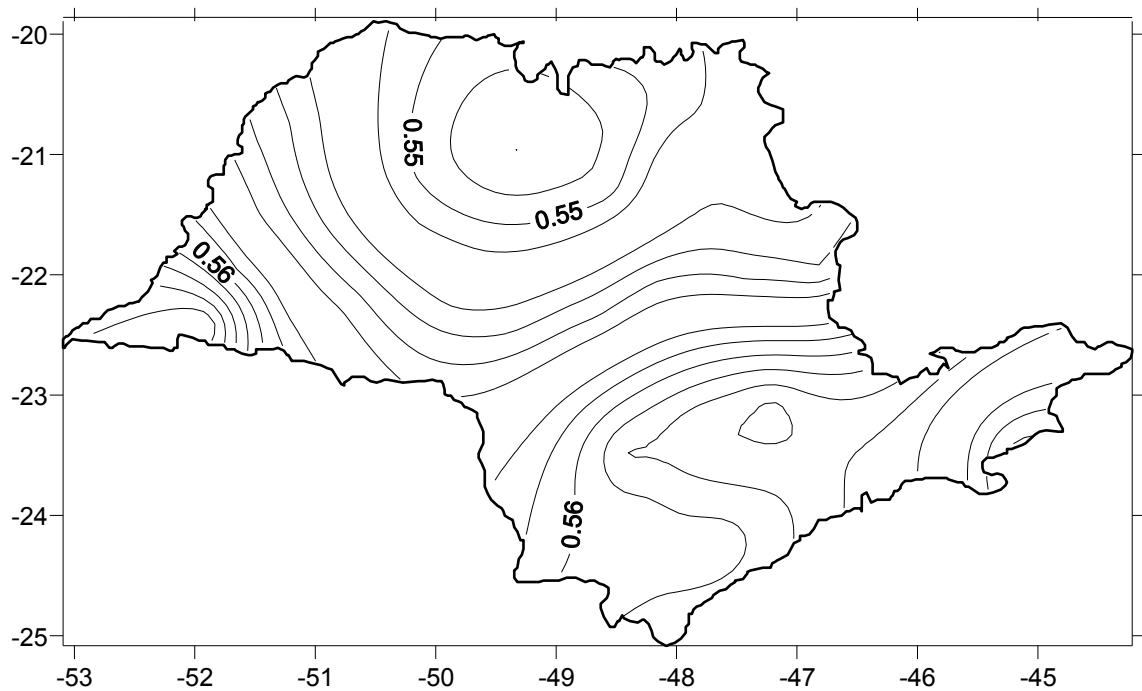


Figura 28: Mapa do Índice de Concentração (CI) da precipitação no estado de São Paulo, com intervalo de 5 milímetros, de 1970 a 2010

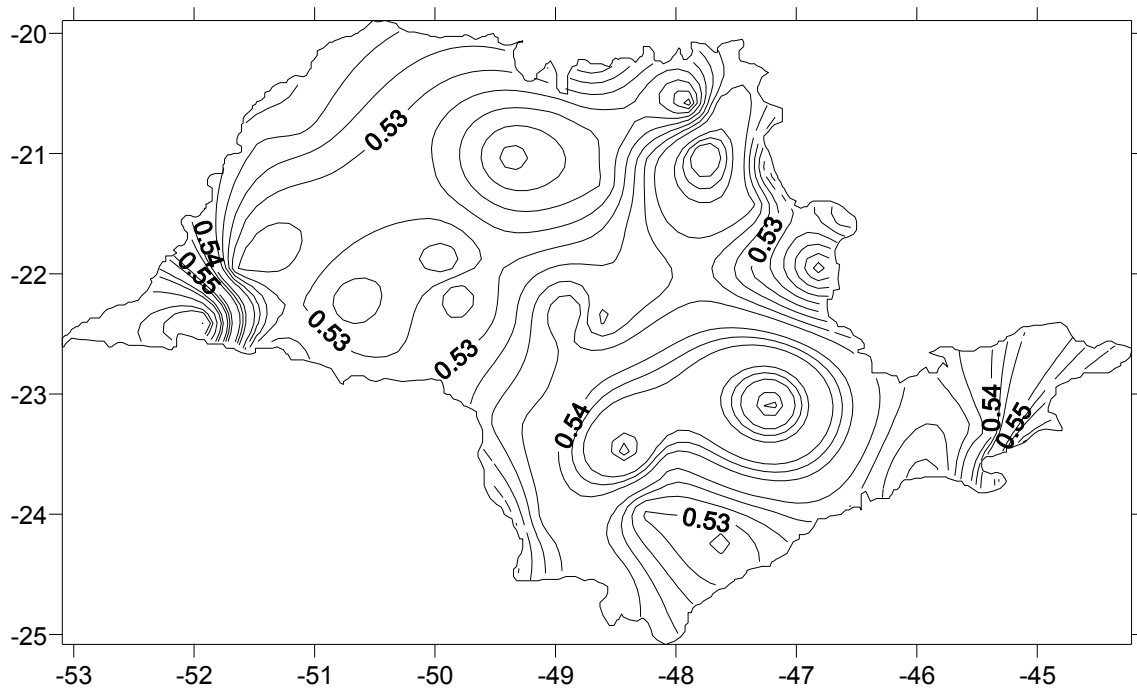


Figura 29: Mapa do Índice de Concentração (CI) da precipitação no estado de São Paulo, com intervalo de 10 milímetros, de 1970 a 2010

A análise realizada através dos mapas de CI discrimina a área com maior concentração de precipitação diariamente, que é o Vale do Paraíba, essencialmente, próximo ao litoral norte do estado de São Paulo, o que indica precipitação intensa e mais agressiva que nas demais áreas do território. De modo geral, segundo Javier Martin Vide (2004), valores acima de 0,61% significam que 70,0% da precipitação total cai em 25% dos dias mais chuvosos. Além da área mencionada, nenhuma outra estação meteorológica atinge um valor acima de 0,60%, grande parte do estado encontra-se em torno de 0,57%.

As regiões de São José do Rio Preto e Franca, ao norte do estado, são as que apresentam menor concentração diária, em torno de 0,55, ou seja, possuem mais regularidade entre as quantidades de precipitação diária. Na porção central do território paulista, a regularidade da precipitação continua com valores em torno de 0,58, em contraste com a porção norte. Valores próximos de 0,60 também são encontrados mais ao Sul, onde estão localizados os municípios de Itapeva e Sorocaba, por exemplo.

Os mapas analisados apresentam coerência geográfica e identificam áreas onde a concentração diária de chuva é maior em todo o estado de São Paulo. O território pode ser considerado como homogêneo, no entanto deve-se ressaltar a concentração diária um pouco mais elevada na região denominada Vale do Paraíba, característica atribuída principalmente à localização geográfica e condições climáticas locais.

5.2.2 O Índice de Precipitação Concentrada (PCI) no estado de São Paulo

A distribuição espacial da precipitação mensal também foi analisada no estado de São Paulo, usando dados meteorológicos das 59 estações que cobrem o período de 1970 e

2010, aplicando o Índice de Precipitação Concentrada (PCI). O PCI, que é uma variabilidade de precipitação intra-anual (De Luís et al. 2000, 2001), é definido como:

$$PCI=100 \frac{\sum_{i=1}^{12} P_i^2}{(\sum_{i=1}^{12} P_i)^2},$$

No qual P_i é a precipitação média mensal em cada estação. O índice varia de menos de 10 para 100. Segundo De Luís et al. (2000-2001) valores de PCI abaixo de 10 indicam uma distribuição uniforme da precipitação mensal ao longo do ano, enquanto os valores entre 11 e 20 indicam sazonalidade na distribuição das chuvas. Já valores acima de 20 correspondem a climas com marcada variabilidade mensal na quantidade de precipitação (De Luís et al. 2000). Dessa forma, pode-se concluir que os mapas de valores de PCI podem ser um ótimo veículo para se observar a variabilidade espacial da precipitação mensal em uma determinada área de estudo.

As figuras a seguir (30, 31 e 32) referem-se aos cálculos de PCI, em intervalos de 1, 5 me 10 milímetros de chuva, respectivamente, para o período de 1970 a 2010, no estado de São Paulo.

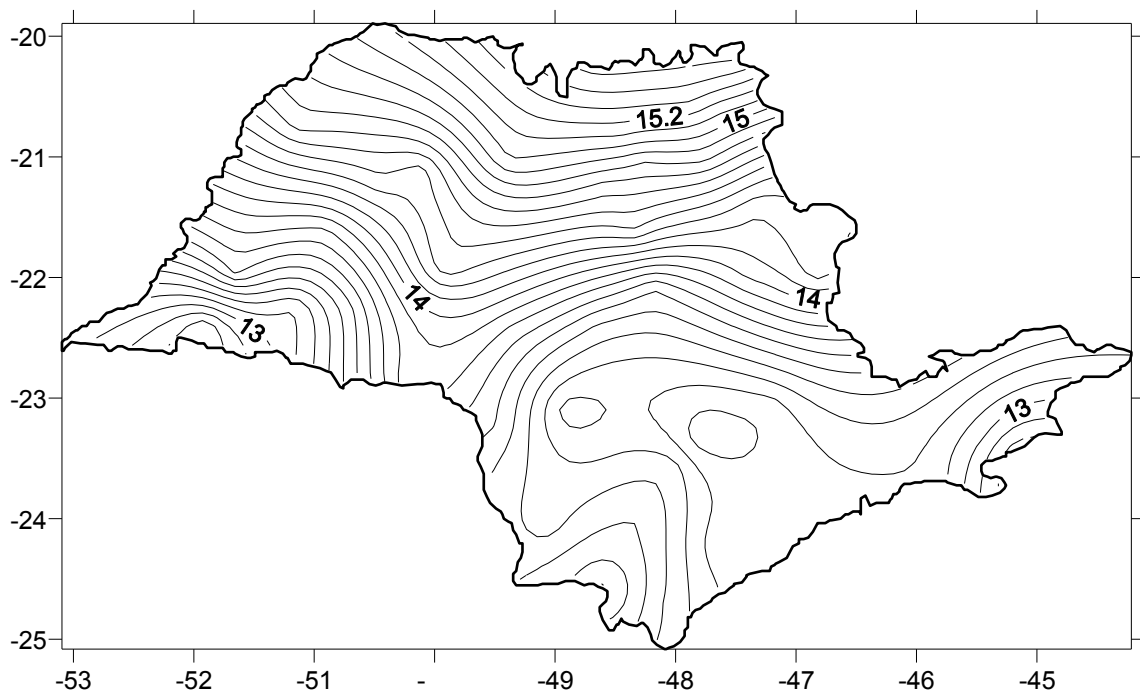


Figura 30: Mapa do Índice de Precipitação Concentrada (PCI) da precipitação no estado de São Paulo, com intervalo de 1 milímetro, de 1970 a 2010

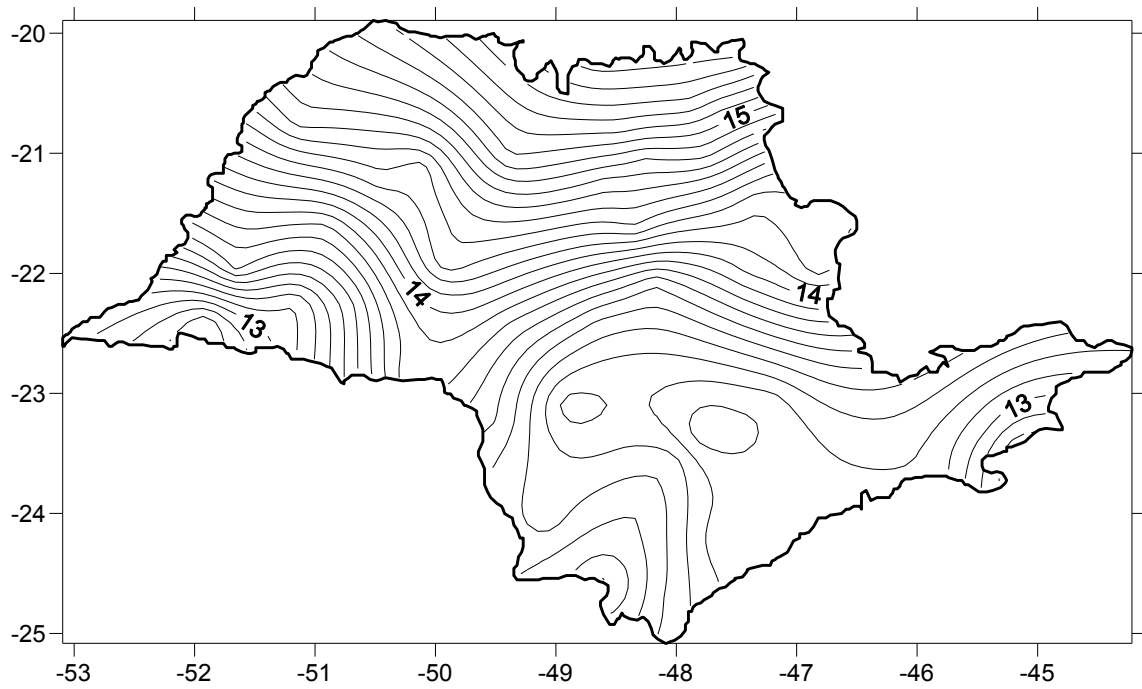


Figura 31: Mapa do Índice de Precipitação Concentrada (PCI) da precipitação no estado de São Paulo, com intervalo de 5 milímetros, de 1970 a 2010

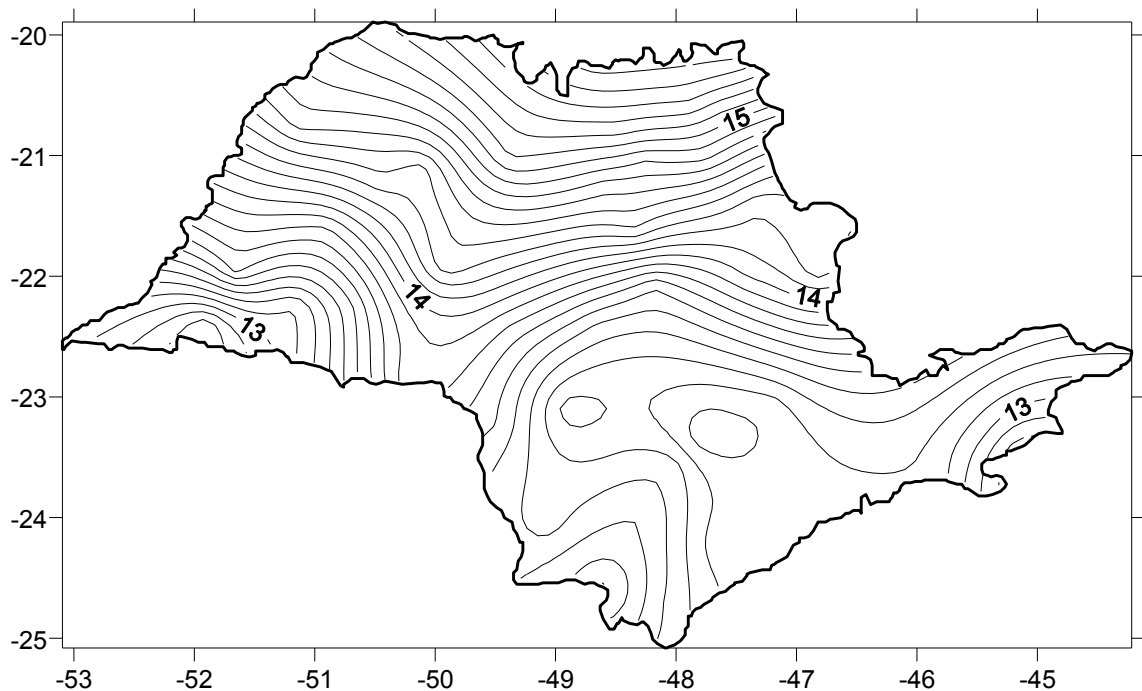


Figura 32: Mapa do Índice de Precipitação Concentrada (PCI) da precipitação no estado de São Paulo, com intervalo de 10 milímetros, de 1970 a 2010

A variabilidade intra-anual da precipitação em toda a área de estudo foi avaliada através do PCI mapeado nas Figuras 30, 31 e 32. A análise dos mapas em ambos os intervalos não apresenta diferenças quanto aos valores e local de concentração do PCI. De modo geral, os valores estão entre 10 e 15, o que indica sazonalidade na distribuição das

chuvas. Se alguma área do território paulista apresentasse PCI maior que 25, significaria uma variabilidade alta mensal nos valores de precipitação.

Os valores obtidos para o estado de São Paulo indicam que nas localidades onde o PCI é maior, por exemplo, na região Norte do estado, onde estão os municípios de Franca, Ribeirão Preto e São José do Rio Preto, a maior parte da precipitação cai em apenas alguns meses, o estresse hídrico que ocorre durante a estação quente do verão é bastante intenso, devido à ausência de chuvas na área.

6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Os anos em que o fenômeno El Niño ocorreu com intensidade alta são os que apresentam maior volume de chuva, por exemplo, 1983, que apenas no mês de maio marcou aumento de 300% e castigou a população do estado com inundações e desabamentos de terra severos.

Em anos de La Niña, como 1976, o território paulista sofre com volumes de precipitação e temperaturas abaixo do normal, principalmente na parte sul do estado. No ano de 1985, devido à ocorrência do fenômeno La Niña, os valores pluviométricos foram realmente baixos ao longo do ano. O estado de São Paulo apresentou baixa quantidade de dias em que ocorreu precipitação, bem como baixa quantidade de precipitação. Foram registrados valores muito abaixo da média no litoral do estado, principalmente na baixada santista e litoral norte.

Pode-se concluir que os fenômenos El Niño e La Niña condicionam diretamente a atuação e a dinâmica das precipitações em todo o estado de São Paulo, interferindo na quantidade e intensidade do volume pluviométrico anual. O período estudado, mais precisamente os anos de 1976, 1982, 1983, 1985, 1997, 2005 e 2010, apresenta semelhanças e diferenças, de acordo ou não com a atuação dos fenômenos citados anteriormente, bem como com a intensidade com que ocorreram.

A análise estatística que foi realizada com os dados diários do estado de São Paulo mostrou que valores pluviométricos mensais e anuais podem esconder diferentes quantidades diárias de chuva, fato que é extremamente interessante para a Climatologia.

A ocorrência ou não de quantidades diárias elevadas de precipitação pode mudar o caráter (seco ou chuvoso) de qualquer dado, mês, estação ou ano, o que leva a uma incerteza considerável nas contribuições pluviométricas médias, repercutindo ambiental e socialmente na região estudada.

Os valores de CI obtidos através das 59 estações meteorológicas em todo o estado de São Paulo para o período de 1970 a 2010 dividem o local entre os valores 0,55 e 0,6 de CI, o que significa que 70% da precipitação total cai em 25% dos dias mais chuvosos. Os

valores de PCI estão concentrados entre 10 e 15, indicando sazonalidade na distribuição das chuvas no território paulista.

7 REFERÊNCIAS

ALVES, L. M., et al. **Início das chuvas na região Sudeste do Brasil: Análise Climatológica**. XII Congresso Brasileiro de Meteorologia, Foz do Iguaçu- PR, 2002.

AMARAL, E.; BAPTISTA DA SILVA, J. **Periodicidades climáticas**. In: SEMINÁRIO INTERNACIONAL SOBRE CLIMATOLOGIA DO HEMISFÉRIO SUL, 1997, Campinas, Anais..., Campinas: Organização Meteorológica Mundial, v. 1, p. 1-7, 1997. 1 CD-ROM.

AMORIN, R. F. C., **Determinação do período de retorno da precipitação pluviométrica por meio da distribuição de Gumbel para a região de Cascavel-PR**. XII Congresso Brasileiro de Meteorologia, Foz de Iguaçu. PR, 2002.

ARAI, F. K., et al. **Espacialização da precipitação e erosividade na Bacia Hidrográfica do Rio Dourados, MS**. Engenharia Agrícola, v.30, p.922-931, 2010.

ARAKI, R. *A história do clima de São Paulo*. 2012. 208 f. Tese (Doutorado em ciências na área de análise ambiental e dinâmica territorial) – Instituto de Geociências, Universidade Estadual de Campinas, Campinas. 2012.

Associated Atmospheric Circulation Feature. *Climanalise*. 2 (1). 1-10.

AYOADE, J.O. **Introdução à climatologia para os trópicos**. 12. Ed. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil. 2007, p. 5-224.

BECHER, H. **O Barão Georg Heinrich von Langsdorff**: pesquisas de um cientista alemão no século XIX. Brasília: UNB; São Paulo: Dia, 1990.

Blog Arquivo Geral (matéria de 12 de nov. 2012) Disponível em: www.arquivocruzeiro.tumblr.com. Acessado em 10 de fev. 2014.

BOULANGER, J.; LELOUP, J.; PENALBA, O.; RUSTCUCCI, M.; LAFON, F.; VARGAS, W. Observed precipitation in Paraná – Plata hydrological basin: long-term trends, extreme conditions and ENSO teleconnections. **Climate Dynamics**, v. 24, p. 393-413, 2005.

BRUNO, E. S. **Viagem ao país dos paulistas**: ensaio sobre a ocupação da área vicentina e a formação de sua economia e de sua sociedade nos tempos coloniais. Rio de Janeiro: J. Olympio, 1966, p. 10-32.

CALBETE, N. O. et. al. **Precipitações intensas ocorridas no período de 1986 a 1996 no Brasil**. Revista Climanalise Especial: edição comemorativa de 10 anos, n. Especial, 1996. Disponível em: <http://cptec.inpe.br/products/climanalise/cliesp10a/11.html> Acesso em 05 mai. 2013

CARVALHO, A. M. G.; SILVA DIA, P. L., NOBRE, C. A. **Upper tropospheric vorticity and OLR structure over tropical South America** – Third International Conference in Southern Hemisphere. Buenos Aires, 1989.

CAVAGUTI, N. **Análise global da erosão linear da área urbana de Bauru-SP**. In: SIMPÓSIO NACIONAL DE CONTROLE DE EROSAO, 5. 1995. Anais... Bauru, 1995, p. 301-304. 1 CD ROM

Cavalcanti. I. F. A., V. Kousky (2004) Drought in Brazil During Summer and Fall 2001

COELHO, E. F.; DONATO. S. L. R.; NETO, T. M. A. In: MONTEIRO, J. E. B. A. **Agrometeorologia dos cultivos: o fator meteorológico na produção agrícola**. Brasília, DF: INMET, 2009. P. 323-331.

CORREIO BRAZILIENSE. Disponível em:

CUNHA, S. B.; GUERRA, A. J. T. **Geomorfologia do Brasil**. 3. ed. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2003. p. 192-199.

Departamento de Informática do Sistema Único de Saúde do Brasil, DATASUS. Disponível em: <<http://www2.datasus.gov.br/DATASUS/index.php>> Acesso em: 25 de julho de 2013.

DOSWELL, C. A.; BROOKS, H. E.; MADDIX, R. A. Flash food forecasting: na-ingredients-based methodology. **Weather and Forecasting**, v.11, p. 560-580, 1996.

EM-DAT - Emergency Events Database. **The OFDA/CRED International Disaster Database**. Disponível em: <<http://www.em-dat.net/>>. Acessado em: 14 de fev. 2014.

FERREIRA, J. C.; DANIEL, L. A.; TOMAZELA, M. **Parâmetros para equações mensais de estimativas de precipitação de intensidade máxima para o estado de São Paulo – fase 1**. Ciências e agrotecnologia, v. 29, n. 6, p. 1175-1187, 2005.

GOMES, A.M., MASSAMBANI, O.; 1984: **Aspectos Meteorológicos Associados a Eventos em São Paulo** - Estudos de Casos. III Congresso Brasileiro de Meteorologia. Belo Horizonte, 3-7/12/1984, 216-220.

GROISMAN, P. Y.; KNIGHT, R.; EASTERLING, D. R.; KARL, T. R.; HEGERL, G. C.; RAZUVAEV, V. N. Trends in intense precipitation in the climate record. **Journal of Climate**, v.18, p. 1326-1350, 2005.

HOLANDA, S. B. *Caminhos e fronteiras*. São Paulo: Companhia das Letras, 1994.

HOLANDA, S. B. *Monções*. Rio de Janeiro: C.E.B., 1945.

http://www.correiobraziliense.com.br/app/noticia/cidades/2010/02/02/interna_cidadesdf.170685/janeiro-de-2010-foi-o-mais-quente-e-seco-dos-ultimos-11-anos.shtml. Acessado em 13 de fev. 2014.

IBGE, **Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística**. Disponível em: <<http://www.ibge.gov.br/>> Acesso em: 25 de julho de 2013.

INPE, **Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais**. Disponível em: <<http://www.inpe.br/>> Acesso em: 12 de julho de 2013.

JAVIER MARTIN-VIDE. Spatial Distribution of a daily precipitation concentration index peninsular Spain. **International Journal of Climatology**. Int. J. Climatol. 24: 959–971 (2004)

JUZARTE, T. J. **Diário da navegação**. Campinas: UNICAMP: CMU, 1999.

KEATING, V.; MARANHÃO, R. *Caminhos da Conquista - A Formação do Espaço Brasileiro*. São Paulo: Terceiro Nome, 2008.

KODAMA, Y. M. Large-scale common features of sub-tropical precipitation zones (the Baiu Frontal Zone, the SPCZ, and the SACZ). Part II: Conditions of the circulations for

generating the STCZs. *Journal of the Meteorological Society of Japan*, v. 71, p. 581-610, 1993.

KOUSKY, V. E. Pentada outgoing longwave radiation climatology for the South American sector. *Revista Brasileira de Meteorologia*, v.3, p.217-231, 1998.

LEPSCH, I. F. **Formação e conservação de Solos**. 1 ed. São Paulo- SP. Oficina de textos 2002.

LIEBMANN, B.; VERA, C. S.; CARVALHO, L. M. V.; CAMILLONI, I. A.; HOERLING, M. P.; ALLURED, D.; BARROS, V.; BAEZ, J.; BIDEGAIN, M. Na observed trend in Central South American precipitation. *Journal of Climate*, v. 17. P. 435-4367, 2004.

MALVESTIO, L. M. **Zona de Convergência do Atlântico Sul (ZCAS) e a precipitação pluvial no estado de São Paulo**. 2008. 97f. Tese (Conclusão de Curso de Geografia) - Universidade Estadual Paulista "Júlio de Mesquita Filho", Ourinhos, 2008.

MARCELINO, E. V.; GOERL, R. F.; RUFORFF, F. M. Distribuição espacial temporal de inundações bruscas em Santa Catarina (Período de 1980- 2003). In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE DESASTRES NATURAIS, 1., 2004. Florianópolis. **Anais...Florianópolis: GEDN/UFSC, 2004. p. 554-564. (CD-ROM).**

MARCELINO, E.V. **Desastres Naturais**. Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais. Santa Maria – RS, 2007.

MARCELINO, I. P. O. **Análise de episódios de tornado em Santa Catarina: caracterização sinótica e mineração de dados**. São José dos Campos: INPE, 2003. 223p. (INPE-12145-TDI/969).

MARENGO, J. A. **Mudanças climáticas globais e seus efeitos sobre a biodiversidade: caracterização do clima atual e definição das alterações climáticas para o território brasileiro ao longo do século XXI**. Brasília: MMA, 2006. 212 p.

MARENGO, J. A. **Mudanças climáticas, condições meteorológicas extremas e eventos climáticos no Brasil**. In: Mudanças climáticas e eventos extremos no Brasil. Fundação Brasileira para o Desenvolvimento Sustentável – FBDS, s/d.

MARENGO, J. A. Future Change of Climate in South America in the Late 21st Century: the CREAS Project. *AGU AS Newsletter- Volume 3. Issue 2 May 2009. p. 5.*

MARIN, F. R.; PELLEGRINO, G. Q.; ASSAD, E. D.; PITO, H. S.; JUNIOR, J. Z. In: MONTEIRO, J. E. B. A. *Agrometeorologia dos cultivos: o fator meteorológico na produção agrícola*. Brasília, DF: INMET, 2009. P. 110-130.

Martin-Vide J (2004). **Spatial distribution of a daily precipitation concentration index in Peninsular Spain**. *Int J Climatol* 24:959–971

MEIREIRELES et. al. *Café in Agrometeorologia dos cultivos- O fator meteorológico na produção agrícola*. Brasília- DF. INMET 2009.

MELLO, C. R. et al. **Erosividade mensal e anual da chuva no Estado de Minas Gerais**. *Revista Pesquisa Agropecuária Brasileira*, v. 40, n. 4, 2007, p. 537-545.

MELO, A. B. C.; CAVALCANTI, I. F.A.; SOUZA, P. P. Zona de Convergência Intertropical do Atlântico. In: IRACEMA F.A. CAVALCANTI. *Tempo e Clima no Brasil*. São Paulo: Oficina de Textos, 2009. P. 25-28.

MENDONÇA, F.A. e DANNI-OLIVEIRA, I.M. 2007. Climatologia: noções básicas e climas do Brasil. São Paulo: Oficina de Textos. 206p.

MENDONÇA, L. P.; AMBRIZZI, T.; BIAZETTO, B. Estudos climatológicos das chuvas no estado de São Paulo. *Departamento de Ciências Atmosféricas/IAG*. Universidade de São Paulo, 2002.

MOLION, L. C. B. **ENOS e o Clima no Brasil**. Ciência Hoje 10, 22-9, 1989.

MONTEIRO, A. F.; FURTADO, S. O clima do trecho de Florianópolis – Porto Alegre: uma abordagem dinâmica. **Geosul**, v. 10, n. 19/20, p. 117-133, 1995.

MONTEIRO, C. A. F.;1969: A Frente Polar Atlântica e as Chuvas de Inverno na Fachada Sul – Oriental do Brasil. Contribuição Metodológica à Análise Rítmica dos Tipos de tempo no Brasil. Instituto de Geografia, Universidade de São Paulo, 68pp

MORAIS, M. P. C. **Variabilidade da precipitação pluvial na Unidade de Gerenciamento de Recursos Hídricos (UGRHI) do Médio Paranapanema**. 2012. 87f. Tese (Conclusão de Curso de Geografia) – Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, Ourinhos, 2012.

MOTA, F. S. da. *Meteorologia Agrícola*. São Paulo: Nobel, 1983.

NERY, J. T.; MARTINS, MARIA DE LOURDES O. F. Variabilidade Interanual: Oscilação Sul-EL NIÑO. Apontamentos, n. 75, 1998.

NERY, J. T.; VARGAS, W. M.; MARTINS, M. L. O. F. Variabilidade interanual da precipitação do Rio Grande do Sul. Revista Brasileira de Meteorologia, v. 12, n. 1, p, 49-62, 1997.

NERY, J. T.; VARGAS, W. M.; ORSINI, M. LOURDES DE. Estimativa da precipitação do estado de São Paulo. Departamento de Física, Área de Meteorologia, UEM – PR, 2004.

NERY, J.T. Dinâmica climática da região Sul do Brasil. Revista Brasileira de Climatologia, Vol. 1, No 1, 2005.

NERY, J.T. **Dinâmica Climática da Região Sul do Brasil**. Revista Brasileira de Climatologia, v.1, n.1. VI Simpósio Brasileiro de Climatologia, 13 a 16 de Outubro de 2004, Aracaju- CE.

NERY, J.T.; SILVA, E. S.; CARFAN, A. C. Distribuição da precipitação pluvial no estado de São Paulo. Universidade Estadual de Maringá, 1999.

NUNES, L. H.; VICENTE, A. K.; CANDIDO, D. H. Clima da Região sudeste no Brasil *in* Tempo e Clima no Brasil. 1 ed. São Paulo –SP. Oficina de textos 2009.

OLIVEIRA, A. S. Interações entre sistemas frontais na América do Sul e a convecção na Amazônia. 1986. 134f. Dissertação (Mestrado em meteorologia) - Instituto Nacional e Pesquisas Espaciais, São José dos Campos, 1986.

OLIVEIRA, G.S. *O El Niño e você* – o fenômeno climático. São José Dos Campos: Transtec, 2001

PEREIRA FILHO, A. J. Chuvas de verão e as enchentes na Grande São Paulo: El Niño, brisa marítima e ilha de calor. CONGRESSO BRASILEIRO DE METEOROLOGIA, 11, 2002. Anais... Rio de Janeiro: Sociedade Brasileira de Meteorologia, p. 1391 – 1398, 2000. 1 CD-ROM

QUADRO, M. F. L. Estudo de episódios de Zonas de Convergência do Atlântico Sul (ZCAS) sobre a América do Sul. 1994. 94f. Dissertação (Mestrado em Meteorologia) – Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, São José dos Campos, 1994.

QUADRO, M. F. L. et. Al. Climatologia de precipitação e temperatura no período de 1986-1996. Revista Climanálise Especial: edição comemorativa de 10 anos, n. Especial, 1996. <http://cptec.inpe.br/products/climanalise/cliesp10a/chuesp.html>. Acessado em 12 abr. 2013.

Relatos sobre a enchente de 1983 em Salto (SP). Disponível em:

ROSS, J. L. S. Geografia do Brasil. 4 ed. São Paulo: EDUSP, 2003. p. 95

SAMPAIO, T. *São Paulo no século XIX e outros ciclos históricos*. Petrópolis: Vozes, 1978.

SANT'ANA NETO, J. L. **As chuvas no estado de São Paulo**: contribuição ao estudo da variabilidade e tendência da pluviosidade na perspectiva da análise geográfica. São Paulo: USP/FFLCH, 1995.

SCOLAR, J., SILVA DIAS, M. A. F.; 1982: Linhas de Instabilidade Pré- Frontais e sua Dependência de Condições Sinóticas. II Congresso Brasileiro de Meteorologia, Pelotas, RS. 18-22/10/1982. v.4, 88-102.

SETZER, J. Atlas Climático e Ecológico do Estado de São Paulo. Comissão Interestadual da Bacia Paraná-Uruguai, 1966. 61p.

SILVA DIAS, M. A. F. Complexos convectivos de mesoescala. **Climanálise**. Cachoeira Paulista: MCTINPE/CPTEC, edição especial, p. 173-182, 1996.

SILVA DIAS, M. A. F.; JUSTI DA SILVA, M. G.A. Para entender tempo e clima. In: IRACEMA F.A. CAVALCANTI. *Tempo e Clima no Brasil*. São Paulo: Oficina de Textos, 2009. P. 15-19.

SILVA DIAS, P. L. A Zona de Convergência do Atlântico Sul. In: CURSO DE INTERPRETAÇÃO DE IMAGENS E ANÁLISE METEOROLÓGICA, 4. Curso de Extensão Universitária, UNIVAP, 1995.

SILVA, E. S. Variabilidade da precipitação pluviométrica nas regiões sudeste e sul do Brasil. 2006. 187f. Tese (Doutorado em Agronomia) – Faculdade de Ciências Agrônômicas, Universidade Estadual Paulista, Botucatu, 2006.

SUGAHARA, S.; 1991: Flutuações Interanuais, Sazonais e Intrasazonais da Precipitação no Estado de São Paulo. Tese de Doutorado. Universidade de São Paulo. 158pp.

T. Razinei; I. Bordi; L. S. Pereira. **A precipitation-based regionalization for Western Iran and regional drought variability**. *Hydrol. Earth Syst. Sci.*, 12, 1309–1321, 2008.

TAUNAY, A. D. *Relatos monçoeiros*. Belo Horizonte: Itatiaia; São Paulo: Editora da Universidade de São Paulo, 1981.

TORRES, F. T. P. *Introdução à climatologia*. São Paulo: Cengage Learning, 2011. 253 p.

VIANELLO, R. L.; ALVES A. R. **Meteorologia básica e aplicações**. Viçosa: UFV, 2000, p. 310-313.

VICENTE, A. K.; NUNES, L. H. Extreme precipitation events in Campinas, Brazil. **TERRAE**, v.1, n.1, p. 60-62, 2004.

VOLPE, C. A.; SCHÖFFEL, E. R.; RIBEIRO, R. V. In: MONTEIRO, J. E. B. A. *Agrometeorologia dos cultivos: o fator meteorológico na produção agrícola*. Brasília, DF: INMET, 2009. P. 376-391.

WALISER, D. E.; GAUTIER, C.A satellite-derived climatology of the ITCZ. *Journal of Climate*, v.6, p. 2162-2174, 1993.

www.leiturapossivel.blogspot.com.br/2009/12/as-enchentes-de-1929-e-1983.html Acessado em: 10 de fev. 2014.

ZOCCAL, J.C. Adequação de erosões: causas, consequências e controle da erosão rural. Presidente Prudente: CODASP, 2007