



TENDÊNCIAS DA PRECIPITAÇÃO DIÁRIA NO ESTADO DE SÃO PAULO A PARTIR DO ÍNDICE DE CONCENTRAÇÃO (IC)

Núria Aparecida Miatto Rampazo^(a), Lucí Hidalgo Nunes^(b)

^(a) Aluna de Mestrado, Departamento de Energia, FEM/UNICAMP, nuriarampazo@gmail.com

^(b) Departamento de Geografia, Instituto de Geociências/UNICAMP, luci@ige.unicamp.br

Eixo 3: Climatologia em diferentes níveis escalares: mudanças e variabilidades

Resumo

Embora a precipitação seja o elemento climático mais importante no estado de São Paulo, são escassos os trabalhos que a analisam em nível diário. A avaliação da precipitação em nível diário pode auxiliar no planejamento de diversas atividades, especialmente a agricultura, e relaciona-se diretamente ao advento de ocorrências calamitosas. Deste modo, este trabalho analisou a concentração da precipitação diária em diferentes classes pluviométricas para o estado de São Paulo, entre 1959 a 2013, com base na técnica denominada Índice de Concentração (*Concentration Index*, CI), desenvolvida por Martín-Vide (2004). Foi observada também a variabilidade espacial e temporal da concentração da precipitação no estado de São Paulo. Os resultados mostraram que os valores do Índice de Concentração aumentam do litoral em direção ao interior do estado, indicativo de que a irregularidade aumenta em direção ao interior. Sob a perspectiva temporal, a concentração diária da precipitação apresentou alteração nas décadas recentes, embora sem uma tendência uniforme para todo o estado.

Palavras chave: Precipitação; Índice de Concentração; São Paulo; Variabilidade.

1. Introdução

Analisar a precipitação em nível diário é importante não apenas para a compreensão do clima de determinada região, mas também para a tomada de decisões por parte dos governantes, pois repercute em todas as atividades humanas e em processos do meio físico.

Embora não ocorram com frequência, extremos climáticos podem deflagrar impactos que levam a inúmeras perdas de bens materiais e de vidas, além de afetar até o crescimento econômico da localidade, região ou país atingido. No caso da precipitação, sua concentração temporal é um fato preocupante, já que por vezes o volume de chuva em um único dia pode representar proporção notável do volume anual, levando à ocorrência de significativos impactos, enquanto pode-se verificar na maior parte do ano até mesmo uma situação de escassez hídrica: dessa forma, a consideração da distribuição diária da precipitação é muito mais relevante do que estudos em outras escalas temporais.



A área de estudo deste trabalho, o estado de São Paulo, se insere na região de maiores contrastes climáticos do Brasil: o Sudeste é a região mais transicional sob o ponto de vista da escala zonal, por suas terras estarem situadas nos trópicos e subtropicais e, no nível regional, pelo fato de a região ser uma faixa de conflito entre sistemas atmosféricos tropicais e extratropicais, originados a partir de diversos centros de ação (NUNES et al., 2009). A interação destes mecanismos ao longo do ano resulta na variabilidade de tempos climáticos ao longo do ano (MONTEIRO, 1973). No entanto, a grande variedade de regimes climáticos existente no Sudeste não é um inconveniente e sim uma vantagem natural, garantindo à região potencialidades, ao possibilitar diversos usos.

O elemento climático mais importante no Sudeste brasileiro, assim como em outras localidades tropicais, é a precipitação (SCHRÖDER, 1956; NUNES et al., 2009), que nesta região ocorre principalmente sob a forma pluvial. Analisar esse importante elemento ambiental ganha ainda mais relevância em uma área como São Paulo, que apresenta uma população de 41.262.199 habitantes em 2010 (IBGE, 2010) e o maior Produto Interno Bruto (PIB) estadual do Brasil em 2011: R\$1.349.465 milhões (IBGE, 2013).

Apesar de ter um peso relativamente menor do que o setor industrial e o setor de serviços, a atividade agropecuária em São Paulo ocupa grande parcela da área do estado, sendo que apenas as áreas de cultivos agrícolas (perenes ou temporários) correspondem a 32% da área total do território paulista, de acordo com dados de IBGE (2010) e São Paulo (2008). Assim, com extensa área territorial dedicada à agricultura, a análise da precipitação diária é de grande importância para o estado de São Paulo, pois é justamente a má distribuição da chuva em nível diário que causa impactos na agricultura. Em outras palavras, são os montantes diários de precipitação que causam desestruturação e, em contrapartida, o volume anual não exprime relação direta com impactos diários, sendo necessário, portanto, ter conhecimento de como este montante anual se distribui em cada dia.

Apesar da notável importância, ainda existem poucos estudos que envolvam a análise da precipitação diária (MARTÍN-VIDE, 2004). Para o estado de São Paulo embora haja considerável número de estudos acerca do clima de São Paulo e mesmo sobre a precipitação – todos de suma importância para a caracterização climática do estado –, a maioria não aborda a precipitação em nível diário. Entre as contribuições que avaliam a precipitação diária no estado de São Paulo está o trabalho de Liebmann *et al.* (2001), que avaliaram a variabilidade interanual de eventos extremos de precipitação.

Deste modo, este trabalho se propõe a analisar a concentração da precipitação em diferentes classes pluviométricas em nível diário ao longo de uma série temporal para o estado de São Paulo, de modo a contribuir com o entendimento da estrutura da precipitação neste estado. Para tanto, foi utilizado o Índice de Concentração (CI, sigla em inglês para *Concentration Index*), técnica desenvolvida por Martín-Vide



(2004) e que tem como objetivo determinar o grau de regularidade da distribuição da precipitação ao longo de uma série temporal em determinada localidade.

Os objetivos específicos consistiram em: aplicar o CI para os municípios selecionados, de maneira a observar a variabilidade espacial e temporal da concentração da precipitação no estado de São Paulo; definir a contribuição relativa de cada classe de precipitação diária para o volume total da precipitação, e assim avaliar a contribuição dos maiores e menores montantes diários para o volume total; mapear os resultados obtidos acerca da concentração da precipitação em São Paulo; e avaliar a evolução temporal dos valores de índice de concentração, comparando dois períodos homogêneos.

1.1. Aplicações do CI

O CI apresenta valores entre 0 e 1, sendo que a distribuição da precipitação entre as diversas classes pluviométricas é melhor quanto mais próximo de zero for o valor do CI e, pelo contrário, quanto mais próximo de 1, a chuva na localidade tende a se concentrar em algumas poucas classes.

Martín-Vide (2004) aplicou o CI para 32 estações meteorológicas na Espanha peninsular – área que apresenta má distribuição temporal da precipitação –, utilizando dados de 1951 a 1990 observando que, a porção a noroeste apresentou os valores mais baixos (0,56 a 0,58); enquanto que os mais elevados foram obtidos para a faixa mais ao leste da Espanha peninsular (Alicante, Valencia), apresentando valores maiores que 0,61, indicando ser essa a área com maior concentração diária da precipitação.

Fragoso *et al.* (2010) aplicaram o CI para estações em Portugal continental (1960 a 2000, 116 postos pluviométricos) e em Cabo Verde (1956 a 1997, com 22 postos pluviométricos). Para Portugal, foram obtidos valores compreendidos entre 0,45 para a estação em Codeceiro e 0,64 para as estações de Loulé e São Brás de Alportel. Para Cabo Verde, os valores do CI foram bem superiores aos de Portugal, variando entre 0,77 e 0,92, demonstrando precipitação mais errática

Cortesi *et al.* (2012) aplicaram o CI para diversas estações no continente europeu, utilizando dados de 1971 a 2010. Os resultados obtidos encontram-se entre 0,51 e 0,72, sendo respectivamente o menor valor para Kirkwall (Reino Unido) e o maior para Perpignan (França), observando-se claramente valores mais elevados próximos ao Mediterrâneo e mais baixos ao norte do continente.

Nunes *et al.* (2013) aplicaram o CI para a Região Metropolitana de Campinas (RMC) e para a Região Metropolitana da Baixada Santista (RMBS), com dados pluviométricos de 1958 a 2003. Os valores do CI obtidos pelos autores para postos em Santos foram de 0,64 e 0,72 e, para o município de Campinas, os valores obtidos foram iguais a 0,69, 0,70 e 0,71.



2. Material e Métodos

2.1. Dados Pluviométricos

Foram utilizados dados de 81 postos pluviométricos do Departamento de Águas e Energia Elétrica (DAEE), no período compreendido entre janeiro de 1959 e dezembro de 2013. A escolha dos postos pluviométricos do DAEE visou obter boa cobertura espacial e temporal do estado de São Paulo. Selecionados os postos, os dados pluviométricos foram sistematizados em planilhas no software Microsoft Excel. A localização dos postos pode ser conferida na Figura 1.

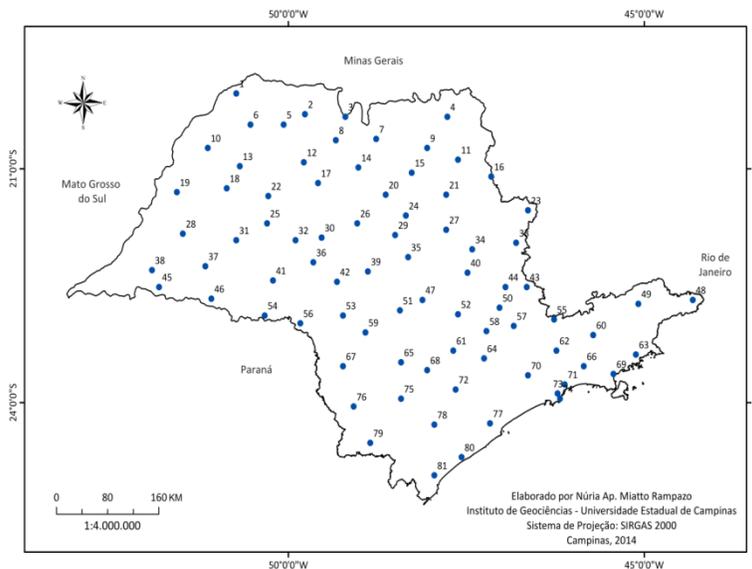


Figura 1 – Postos pluviométricos selecionados para o trabalho. Elaborada por Núria Ap. M. Rampazo.

2.2. Aplicação do Índice de Concentração

O CI (MARTÍN-VIDE, 2004) é calculado a partir dos totais pluviométricos diários, de maneira a determinar o grau de regularidade da distribuição da precipitação ao longo de uma série temporal em dada localidade, ou seja: busca definir a contribuição relativa (percentagem) de cada classe de precipitação diária para o volume total da precipitação e assim avaliar a contribuição dos maiores montantes diários no total. O CI se baseia no fato de que a distribuição dos montantes de chuva e de suas respectivas frequências, de modo geral, obedece a uma distribuição exponencial negativa (BROOKS & CARRTUHERS, 1953 apud MARTÍN-VIDE, 2004), ou seja: quanto maior o total pluviométrico diário, menor é sua frequência (o número de dias que apresentam este valor).



Cada posto pluviométrico teve uma planilha organizada com as seguintes colunas: classes pluviométricas (com intervalo de 1 mm, no caso); média dos valores da respectiva classe; frequência de dias chuvosos, ou seja: o número de dias chuvosos que apresentaram valores entre a classe em questão durante todo o período analisado; frequência acumulada de dias chuvosos, ou seja: a soma de todos os dias chuvosos desde a primeira classe até a classe em questão; total pluviométrico ocorrido em determinada classe (valor obtido multiplicando-se o valor médio da classe pela frequência de dias chuvosos na classe; total pluviométrico acumulado, ou seja: a soma dos totais pluviométricos desde a primeira classe até a classe em questão; valores relativos (%) da frequência acumulada de dias chuvosos e do total pluviométrico acumulado, respectivamente, isto é: a contribuição de cada classe em relação ao total observado durante o período estudado. Em cada posto, as classes pluviométricas que não apresentam eventos de chuvas (ou seja, frequência igual a zero) são eliminadas.

Em seguida, as demais fórmulas apresentadas por Martín-Vide (2004) foram aplicadas para cada um dos municípios até se obter os resultados do CI, que é um valor entre 0 e 1: quanto mais próximo de 0, melhor a distribuição da precipitação entre as classes e, quanto mais próximo de 1, pior a distribuição, o que significa que a chuva é mais concentrada em torno de algumas poucas classes, conforme já salientado.

O CI de cada município foi calculado para a série temporal 1959 a 2013 (Período A) e também para dois subperíodos desta série: 1959 a 1986 (subperíodo Aa) e 1987 a 2013 (subperíodo Ab), a fim de se verificar eventual mudança de tendência entre os períodos.

2.3. Espacialização dos Resultados

Calculado o CI para cada município, estes resultados foram espacializados em ambiente SIG (Sistema de Informações Geográficas), utilizando o software ArcGIS® 10.1. Os mapas finais foram elaborados sobre a base cartográfica denominada “Malha digital do estado de São Paulo e seus municípios”, disponibilizada pelo IBGE¹. Os resultados dos três períodos (A, Aa e Ab) foram espacializados em mapas na escala 1:4.000.000, utilizando o sistema de projeção SIRGAS 2000. Os postos pluviométricos foram plotados a partir de suas coordenadas geográficas e a cada um deles foram os respectivos valores do CI para o período em questão (A, Aa e Ab).

Em seguida, os valores foram interpolados a partir do método denominado “*Empirical Bayesian kriging*” (EBK), de modo a possibilitar a análise do padrão espacial dos resultados em toda a área do estado de São Paulo e não apenas a visualização pontual dos resultados, e facilitar o entendimento da variabilidade

¹ Malha digital do estado de São Paulo. Disponível em: <<https://goo.gl/xscopy>>. Acesso em 01 nov. 2014.



temporal da concentração diária da precipitação. Este método de interpolação é um tipo de “krigagem”, cujo princípio consiste no fato de que pontos mais próximos no espaço apresentam valores mais semelhantes do que pontos mais distantes (SANTOS; FRAGOSO, 2010). Diferentemente de outros métodos de krigagem, a EBK ajusta automaticamente os parâmetros para que os resultados sejam mais precisos e, assim, apresenta maior acurácia do que outros métodos (ESRI, 2012).

3. Resultados e Discussão

3.1. Variabilidade espacial do CI para o Período A (1959 A 2013)

Os resultados do CI obtidos para a série temporal completa (Período A – 1959 a 2013) variaram entre 0,42 e 0,49, sendo que o valor mínimo ocorre nos postos dos municípios de Lorena, Caraguatatuba e Itariri (postos 49, 69 e 77, respectivamente) e o maior valor, em Echaporã e Capão Bonito (postos 41 e 75, respectivamente). Assim, a distribuição da chuva entre as classes é mais equilibrada nos municípios de Lorena, Caraguatatuba e Itariri e mais concentrada em Echaporã e Capão Bonito. Para este período tanto o valor médio como o valor modal são 0,46.

Observando-se o mapa do CI para o Período A (Figura 2), constata-se que a concentração diária da precipitação tende a responder ao comportamento da distribuição da precipitação no estado de São Paulo: as áreas com as maiores alturas pluviométricas (litoral norte até próximo dos limites com Minas Gerais e Rio de Janeiro) apresentam menor CI (ou maior homogeneidade na distribuição das chuvas), enquanto as com menores montantes, maior CI, indicando maior heterogeneidade na distribuição pluvial.

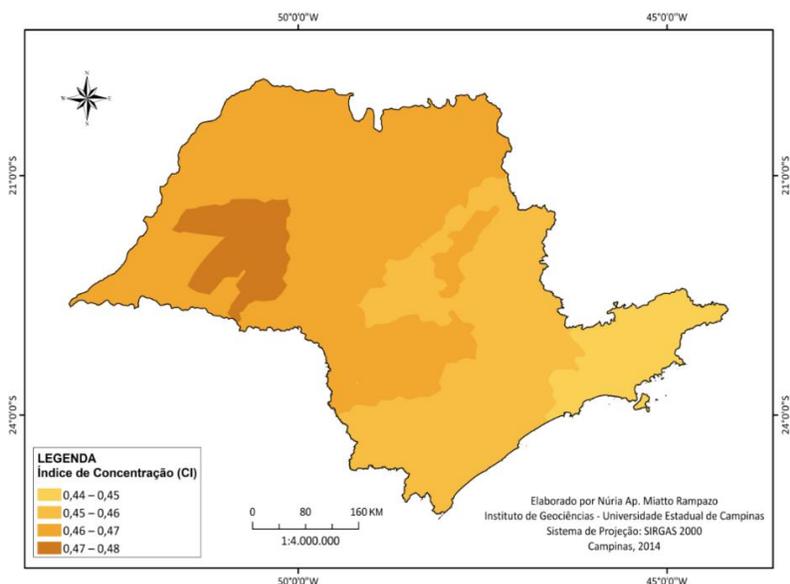


Figura 2 – Mapa com interpolação dos valores do CI para o estado de São Paulo – Período A (1959 a 2013).
Elaborado por Núria Ap. M. Rampazo.

Os pontos que apresentam menor CI estão situados próximos ao litoral norte – são as áreas descritas como mais chuvosas por Schröder (1956): a Região Costeira e a área no nordeste de São Paulo situada no Planalto Paulista – enquanto o restante desse último setor apresenta menores montantes de chuva e também maiores valores do CI.

Notou-se maior homogeneidade nos valores para o CI de postos do litoral paulista, que apresentam, igualmente, os menores valores para o índice, enquanto o restante do estado apresentou valores mais heterogêneos e que tendem a ser maiores quanto mais interiorano for o posto. O oeste paulista é a área que apresentou os maiores valores para o CI e, de acordo com Nunes *et al.* (2009), esta área é a porção menos chuvosa do estado.

Diferentemente do que foi constatado por Martín-Vide (2004) para a Espanha, os valores do CI para São Paulo não parecem ter relação direta com a contribuição dada por 25,0% dos dias mais chuvosos para o volume total do período, já que esse aporte apresentou significativa variação entre os postos: a contribuição mínima encontrada foi de 61,9% e a máxima, de 85,5%, respectivamente para os postos 26 (Borborema, que apresentou CI igual a 0,45) e 81 (Cananéia, cujo CI para o período é 0,44). Entretanto, a situação apresentada por Cananéia é pior do que a de Borborema: enquanto no primeiro município aproximadamente 86,0% do volume total ocorreu em 25,0% dos dias chuvosos e os 75,0% restantes dos dias que registraram chuva foram responsáveis por apenas 14,5% do montante total, em Borborema 25,0% dos dias chuvosos registraram aproximadamente 62,0% da altura total e os restantes 75,0% dos dias, 38,0% do volume total, isto é: embora ainda não seja equilibrado, o volume de precipitação no Período A foi mais bem distribuído em Borborema do que em Cananéia.

Em postos que apresentaram os maiores valores do CI (0,48 e 0,49) para o Período A, 25,0% dos dias mais chuvosos contribuíram para o volume total com: 67,2% (posto 18, Valparaíso); 73,8% (posto 73, Santos); 73,5% (posto 37, Martinópolis); 69,9% (posto 44, Moji-Mirim); 63,8% (posto 46, Iepê); 65,6% (posto 6, Pontalinda); 67,9% (posto 31, Bastos); 65,5% (posto 13, Araçatuba); 63,8% (posto 41, Echaporã) e 68,1% (posto 75, Capão Bonito). Em postos que apresentaram os menores valores do CI (0,42 e 0,43), 25,0% dos dias mais chuvosos contribuíram para o volume total com: 69,2% (posto 49, Lorena); 74,9% (posto 69, Caraguatatuba); 79,9% (posto 77, Itariri); 67,3% (posto 55, Joanópolis); 64,6% (posto 43, Lindóia) e 66,8% (posto 74, Guarujá).

No entanto, pelo fato de estarem situados em regimes climáticos diferentes, as alturas de chuva encontradas na Espanha são muito inferiores às do estado de São Paulo: no país europeu, a classe mais elevada na estação de Vallidolid, por exemplo, é de 82,0 a 82,9 mm (MARTÍN-VIDE, 2004). Além disso, a diferença na contribuição dos dias mais chuvosos existente entre os dados deste trabalho e os de Martín-Vide (2004) para a Espanha pode decorrer do fato de que os valores para o CI dos postos de São Paulo são menores do que os valores apresentados para postos da Espanha, indicando que os montantes são mais bem distribuídos no território paulista do que no país europeu, embora em ambos a distribuição não seja a ideal (na qual o CI seria igual a zero).

A título de curiosidade, comparando os resultados do CI entre São Paulo e Espanha (Martín-Vide, 2004), enquanto a precipitação em São Paulo resulta principalmente da chegada de sistemas frontais – o que pode ocorrer em qualquer período do ano – e de chuvas convectivas durante o verão, com influência importante da Zona de Convergência do Atlântico Sul (ZCAS), a Espanha está situada em clima mediterrânico, no qual as chuvas acontecem de forma mais concentrada no tempo; com isso, o regime pluviométrico espanhol é mais contrastante. Assim, por mais irregularidade temporal que a ocorrência de chuvas presente no estado de São Paulo, a situação é pior no clima mediterrânico.

Os valores extremos também podem ter afetado a contribuição relativa dos dias mais chuvosos, já que representam volume significativo, isto é: um ou poucos episódios que se diferenciam sobremaneira dos demais registrados na série, como no caso do posto 23 (Caconde).

A participação da classe pluviométrica mais baixa (0,1 a 0,9 mm) para o total de chuva é maior nos postos situados mais ao leste do estado ou mais próximos do litoral paulista e menor em postos mais interioranos. Do mesmo modo em que a contribuição dos dias mais chuvosos contrastou para os municípios de Borborema (Posto 26) e Cananéia (Posto 81), também nesse caso ambos se destacaram, encontrando-se situações opostas: a classe pluviométrica entre 0,1 e 0,9 mm apresentou a menor contribuição para o volume total em Borborema e a maior, em Cananéia – neste último (Posto 81), mais de 44,0% dos dias chuvosos registraram alturas dentro da menor classe (0,1 a 0,9 mm), e estes dias contribuíram com 2,6% do total de chuva do período, enquanto no Posto 26 os episódios de precipitação entre 0,1 e 0,9 mm foram responsáveis por apenas 0,2% do volume total do período e ocorreram em somente 5,6% dos dias chuvosos deste município. Na maioria dos postos essa classe contribuiu com menos de 1,0% para o volume total e que em apenas treze postos a contribuição foi superior a 1,0% (Cananéia, Iguape, Pilar do Sul, Apiaí, Santa Isabel, Itariri, São Paulo, Sete Barras, Salesópolis, Iperó, Martinópolis, Caçapava e Caraguatatuba).



Destaca-se o caso do município de São Paulo (Posto 70), no qual inundações e outros eventos relacionados à chuva intensa são tão recorrentes: 25% dos dias mais chuvosos (que neste posto estão compreendidos entre as classes 10,0 a 150,9 mm – limite máximo inferior ao verificado em outros postos deste estudo) contribuíram com cerca de 80,0% do volume total, enquanto 35,0% dos dias registraram alturas entre 0,1 e 0,9 mm, contribuindo com apenas 2,0% deste montante – isto porque o posto está entre os que apresentaram maior contribuição da classe mais baixa. Com isto, pode-se salientar que impactos deflagrados pela precipitação no município têm grande peso de fatores como extensa impermeabilização da área, dentre outros, e não somente do volume pluviométrico.

3.2. Variabilidade temporal do CI entre os períodos Aa e Ab

De modo geral, constatou-se que os valores para o Período A (1959 a 2013) foram menores do que os valores obtidos para os subperíodos Aa e Ab, o que se atrela ao fato de que quanto maior o período analisado maior é a suavização de eventos pluviométricos extremos, diminuindo sua importância relativa para os cálculos, ou seja: o peso das ocorrências extremas é minimizado. O cálculo do CI para os subperíodos Aa e Ab serviu para analisar a variabilidade da concentração da chuva entre estes dois períodos de forma a observar manutenção ou diferenciação de tendências no período mais recente, ainda que qualquer tendência observada não pode ser generalizada como qualquer alteração de padrão geral.

O Período Aa (1959 a 1986) apresentou o maior intervalo de valores: os resultados estão entre 0,44 e 0,56, com o valor mínimo para o município de Salesópolis (posto 66) e o valor máximo em Capão Bonito (posto 75). Para este subperíodo, a média é 0,50 e a moda, 0,51.

No Período Ab (1987 a 2013), por sua vez, os resultados encontram-se na faixa de 0,47 a 0,53 – valor mínimo para os municípios de Lorena e Itariri (postos 49 e 77, respectivamente) e valor máximo para Santos, Guaimbê, Itapetininga, Bertioga, Martinópolis, Echaporã, Guarantã, Mirante do Paranapanema e Araçatuba, (postos 73, 32, 68, 71, 37, 41, 30, 38 e 13, respectivamente). Para este subperíodo, a média é 0,51 e a moda, 0,50.

Na maior parte dos postos o valor do CI do período Ab (1987 a 2013) foi superior ao do período Aa (1959 a 1986); contudo, alguns apresentaram diminuição neste valor e outros não apresentaram mudanças. Dos 81 postos analisados neste trabalho, 26% (21 postos) não apresentaram variação do valor do CI entre os períodos Aa e Ab, enquanto 46% (37 postos) apresentaram variação positiva (o valor do CI aumentou) e 28% (23 postos), negativa (o valor do CI diminuiu).



Dentre os pontos que apresentaram variação positiva, 14 apresentaram aumento de 0,1 e em 23 o aumento foi de 0,2 ou mais – a maior variação positiva foi encontrada para Salesópolis (posto 66), cujo CI passou de 0,44 – o menor valor no período Aa – para 0,51 no período Ab (variação de +0,07). Dos postos que apresentaram variação negativa, 9 mostraram uma diminuição de 0,1 e em 14 o CI diminuiu 0,2 ou mais – a maior variação negativa foi encontrada em dois postos: Iepê (posto 46), cujo CI passou de 0,55 no período Aa para 0,50 no período Ab, e Capão Bonito (posto 75), cujo CI passou de 0,56 no período Aa para 0,51 no período Ab (em ambos a variação foi de -0,05).

Tendo em vista a variação entre o CI do período Aa e do período Ab, a tendência predominante, portanto, consistiu no aumento da concentração da precipitação nos últimos anos para a maioria dos postos analisados. Os resultados dos subperíodos podem ser apreciados nas Figuras 3 e 4, podendo-se inferir a variabilidade temporal da concentração diária da chuva no período analisado neste trabalho. Ambas as figuras seguem as mesmas classes.

No subperíodo Aa, os resultados variam entre 0,44 e 0,56, mas no mapa com dados interpolados (Figura 3) as classes de CI variam entre 0,47 e 0,52, pois valores extremos são suavizados com a interpolação, sendo possível verificar a existência de cinco zonas cujo CI aumenta na direção leste–oeste: o comportamento é o mesmo do que o verificado para a série temporal completa, com menores valores próximos ao litoral e aumentando em direção ao oeste do estado. Assim, no subperíodo Aa, a área ao leste do estado é a mais heterogênea espacialmente, apresentando aumento gradual das classes do CI, enquanto a porção oeste é mais homogênea, com os valores mais altos.

Apesar da tendência geral de aumento na concentração na maioria dos postos analisados, comparando as Figuras 3 e 4 percebe-se que esse aumento foi relativo, pois os valores mais extremos do CI existentes no subperíodo Aa não existiram no Ab. Apenas em postos localizados na área mais ao leste, entre as Serras da Mantiqueira e do Mar, a concentração diária da precipitação aumentou de forma mais substancial.

No subperíodo Ab, os valores variam entre 0,47 e 0,53, mas no mapa da interpolação (Figura 4) os valores vão de 0,49 a 0,52, conforme a legenda de cores. Neste período observaram-se duas zonas principais: uma de menor abrangência no oeste de São Paulo com CI na classe de 0,51 a 0,52 e outra, de maior abrangência espacial, cujo CI entre 0,50 a 0,51; nesta segunda área há pequenos fragmentos com menor valor de CI (0,49 a 0,50) próximos às fronteiras com os estados de Minas Gerais e Rio de Janeiro.

De modo geral, o padrão espacial do CI no subperíodo Ab é semelhante ao anterior: embora o estado esteja mais homogêneo, valores crescem em direção ao oeste do estado. A partir da comparação das Figuras 18 e 19, constatou-se que não houve variação significativa do valor do CI na maior parte do estado e que a classe 0,50-0,51 teve sua área expandida: estendeu-se para porções ao norte do estado (cujo CI era



0,51-0,52 no Período Aa), ao sul (cujo CI era 0,49-0,50 em Aa) e, de forma mais significativa, para o leste – na área entre as Serras da Mantiqueira e do Mar, como anteriormente ressaltado (esta porção apresentava valores entre 0,47 a 0,50 no Período Aa).

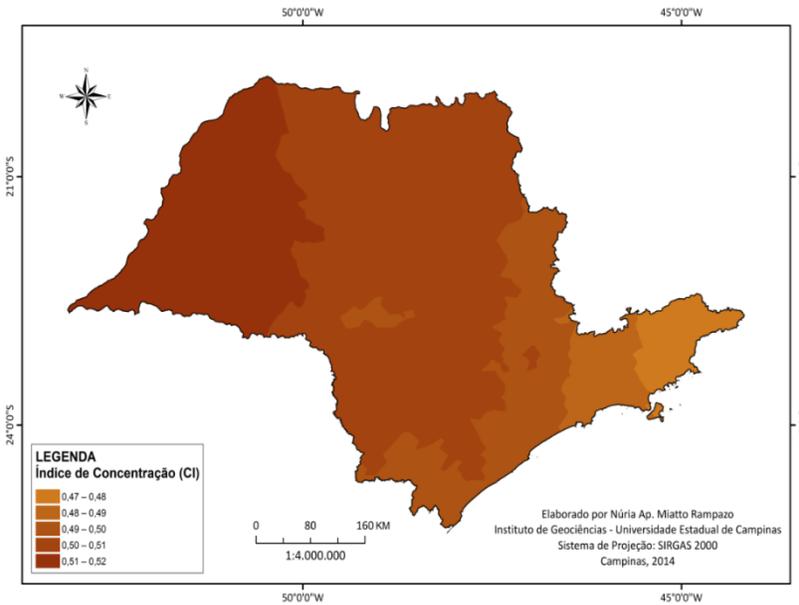


Figura 3 – Mapa com interpolação dos valores do CI para o estado de São Paulo – Período Aa (1959 a 1986).
Elaborado por Núria Ap. M. Rampazo.

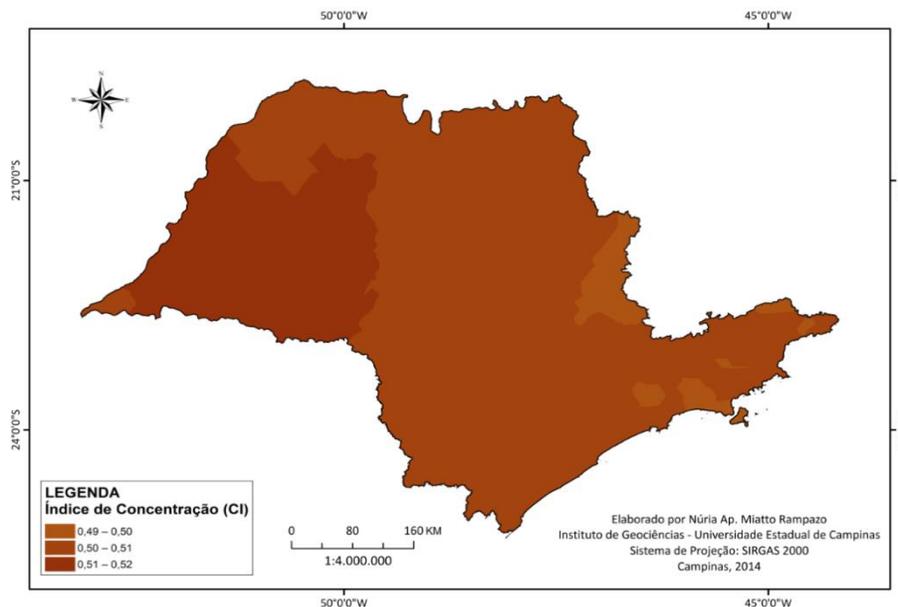


Figura 4 – Mapa com interpolação dos valores do CI para o estado de São Paulo – Período Ab (1987 a 2013).
Elaborado por Núria Ap. M. Rampazo.

4. Conclusões



No estado de São Paulo, a concentração diária da precipitação inferida pelo CI tende a ter padrão inverso da distribuição dos montantes de precipitação: assim a concentração é maior em áreas com menores alturas pluviométricas (em direção ao oeste de São Paulo), o contrário sendo verificado no litoral e nas áreas próximas às Serras da Mantiqueira e do Mar – nas proximidades das divisas do estado de São Paulo com Rio de Janeiro e Minas Gerais –, setores em que a precipitação é mais abundante e nos quais a distribuição da chuva é mais homogênea, se comparada ao interior do estado.

A comparação dos resultados dos dois subperíodos mostrou que a concentração diária da precipitação apresentou certa alteração: os valores de CI variaram entre 0,44 e 0,56 no Período Aa, e entre 0,47 e 0,53 no Período Ab, sendo, portanto, um pouco maior no período mais antigo. Dessa forma, não houve uma tendência uniforme que indicasse aumento ou diminuição das concentrações pluviais para todo o estado no segundo período, sendo que as diferenças encontradas são geograficamente restritas, com destaque para a diminuição dos valores de CI no extremo oeste em Ab, mas aumento no período mais recente no Vale do Paraíba e proximidades. As razões para essa tendência fogem do escopo desta pesquisa e necessitam maiores avaliações, podendo estar relacionadas a alterações do padrão da distribuição das chuvas ou a outros fatores que se relacionam a maior presença de umidade em certos locais (notadamente no oeste do estado) como irrigação e/ou reservatórios.

Este estudo evidencia que alguns aspectos da distribuição das precipitações podem estar sendo negligenciados em avaliações que considerem outros níveis temporais, como análises anuais, sazonais ou mensais, enfatizando de forma incontestável que analisar as chuvas em nível diário é de enorme importância para compreender a estrutura da precipitação em determinada localidade – no caso, o estado de São Paulo – fornecendo elementos para o planejamento de diversas atividades, como agrícolas, além de contribuir para avaliações relacionadas aos impactos em meio urbano, como inundações ou movimentos de massa.

Merece destaque o caso da cidade de São Paulo, a maior do Hemisfério Sul, em que a contribuição das menores classes pluviométricas é muito significativa: entre 1959 e 2013, 35,0% dos dias chuvosos registraram alturas entre 0,1 e 0,9 mm, enquanto os maiores volumes registrados no posto analisado não passaram de 150,9 mm. Assim, pode-se deduzir que neste município o aumento dos impactos deflagrados pela precipitação relaciona-se mais à desestruturação do espaço urbano e a outros problemas do que propriamente aos montantes de chuva.

Por fim, este trabalho coloca-se como um elemento a mais para o entendimento da estrutura da precipitação no estado de São Paulo e pode servir como base para estudos futuros.

5. Referências Bibliográficas

- CORTESI, N.; GONZALEZ-HIDALGO, J.; BRUNETTI, M.; MARTIN-VIDE, J. Daily precipitation concentration across Europe 1971-2010. **Nat. Hazards Earth Syst. Sci.**, 12, p. 2799-2810, 2012.
- ESRI. What is Empirical Bayesian Kriging? **ArcGIS Help 10.1**, 2012. Disponível em: <<http://resources.arcgis.com/en/help/main/10.1/index.html#/003100000q9000000>>. Acesso em 13 jan. 2015.
- FRAGOSO, M., CORREIA, E., SANTOS, M. Avaliação da concentração diária da precipitação em Portugal Continental e no arquipélago de Cabo Verde. In: Figueiredo, T. de; RIBEIRO, L.F.; RIBEIRO, A.C. Castro Ribeiro (ed). **II Workshop Clima e Recursos Naturais nos Países de Língua Portuguesa**, Bragança, Portugal, nov. 2010. Livro de Actas, p. 245-250, 2010.
- IBGE (Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística). **Síntese de informações sobre o estado de São Paulo**. Censo, 2010. Disponível em: <<http://www.ibge.gov.br/estadosat/perfil.php?sigla=sp>>. Acesso em 02 dez. 2014.
- _____. Contas Regionais do Brasil 2011. **Contas Nacionais**, 40. Rio de Janeiro, 2013. Disponível em: <ftp://ftp.ibge.gov.br/Contas_Regionais/2011/contas_regionais_2011.pdf>. Acesso em 07 mar. 2017.
- LIEBMANN, B.; JONES, C.; CARVALHO, L. M. V. Interannual Variability of Daily Extreme Precipitation Events in the State of São Paulo, Brazil. **Journal of Climate**, v. 14, n. 01, p. 208-218, 2001. Disponível em: <<http://journals.ametsoc.org/doi/pdf/10.1175/1520-0442%282001%29014%3C0208%3AIVODEP%3E2.0.CO%3B2>>. Acesso em 28 nov. 2014.
- MARTÍN-VIDE, J. Spatial Distribution of a daily precipitation concentration index in Peninsular Spain. **Int. J. Climatol.**, 24, p. 959-971, 2004.
- MONTEIRO, C. A. de F. **A dinâmica climática e as chuvas no Estado de São Paulo**: estudo geográfico sob forma de atlas. São Paulo, SP: Instituto de Geociências, USP, 1973.
- NUNES, L. H.; KOGA-VICENTE, A.; CANDIDO, D. H. Clima da região Sudeste do Brasil. In: CAVALCANTI, I. F. de A. et al. (Orgs). **Tempo e clima no Brasil**. São Paulo, SP: Oficina de Textos, 2009. p. 243-258.
- NUNES, L. H.; MARTÍN-VIDE, J.; GABRIEL, G.H. Intense precipitation pattern by means of concentration index (CI) examples of two Brazilian sites. In: **7º European Conference on Severe Storms**, 2013, Helsinki. Digital, 2013.
- SANTOS, M.; FRAGOSO, M. Modelação espacial do índice de concentração diária da precipitação em Portugal Continental. **VI Seminário latino-americano e II Seminário Ibero-Americano de Geografia Física**, In Sustentabilidade da "Gaia", Coimbra, 2010.
- SÃO PAULO. Secretaria de Agricultura e Abastecimento. Coordenadoria de Assistência Técnica Integral. Instituto de Economia Agrícola. **Levantamento Censitário das Unidades de Produção Agropecuária do Estado de São Paulo - LUPA 2007/2008**. São Paulo: SAA/CATI/IEA, 2008. Disponível em: <<http://www.cati.sp.gov.br/projetolupa/dadosestado/DadosEstaduais.pdf>>. Acesso em 02 dez. 2014.
- SCHRÖDER, R. Distribuição e curso anual das precipitações no estado de São Paulo. **Bragantia** – Boletim Técnico do Instituto Agrônomico do Estado de São Paulo, Campinas, v. 15, n. 18, p. 193-250, 1956.