

## INTEGRAÇÃO ENTRE IMAGENS ORBITAIS, CARTAS SINÓTICAS E DADOS COLETADOS EM SUPERFÍCIE PARA A IDENTIFICAÇÃO DE FENÔMENOS METEOROLÓGICOS

**Rodrigo Vitor Barbosa Sousa**

Doutorando em Geografia pela Faculdade de Ciências e Tecnologia, Universidade Estadual Paulista (FCT/UNESP), Campus de Presidente Prudente  
[rorvbs@gmail.com](mailto:rorvbs@gmail.com)

### RESUMO

Este artigo tem por objetivo demonstrar como a integração entre imagens orbitais, cartas sinóticas e dados meteorológicos coletados em superfície pode ser aplicada para a identificação de alguns fenômenos meteorológicos, sob uma perspectiva da climatologia. Nesse sentido, torna-se uma contribuição ao processo ensino-aprendizagem de climatologia. A relação estabelecida entre os diferentes dados foi importante para entender a gênese dos fenômenos investigados e verificar como a dinâmica atmosférica em escala regional repercute em escala local. Assim, observa-se que os dados registrados na estação meteorológica refletem a dinâmica atmosférica, especialmente mais perceptível por meio das cartas sinóticas e das imagens orbitais. Foram identificados fenômenos como: Frentes estacionárias, frentes oclusas, nebulosidade, vapor d'água e ciclones. A elaboração desse artigo é resultado das discussões teóricas e das atividades práticas realizadas com alunos de graduação em geografia, especificamente, na disciplina de climatologia. Além disso, é decorrente também dos conhecimentos adquiridos na disciplina Tópicos Especiais: Sensoriamento Remoto e Meio Ambiente, ofertada no curso de Pós-Graduação em Geografia da Universidade Estadual Paulista, Campus de Presidente Prudente, em parceria com professores da Universidade de Rennes 2, França.

**Palavras-chave:** Climatologia; Sensoriamento Remoto; Ensino.

## INTEGRATION OF ORBITAL IMAGES, SYNOPTIC CHARTS AND COLLECTED DATA IN THE SURFACE FOR THE IDENTIFICATION OF METEOROLOGICAL PHENOMENA

### ABSTRACT

The aim of this paper is to present how the integration of orbital images, synoptic charts and meteorological data collected in surface can be applied to the identification of some meteorological phenomena, from a perspective of climatology. In this sense, it is a contribution to the teaching of climatology. The relation established between the different data was important to understand the genesis of the phenomena and to verify how the atmospheric dynamic in regional scale reverberates in local scale. So, it is possible to observe that the registered data in the meteorological stations reflects the atmospheric dynamic which is perceptible mainly through synoptic charts and orbital images. Phenomena as stationary fronts, occluded fronts, nebulosity, water vapor and cyclones were identified. This paper arose of the theoretical discussions and practical works with the undergraduate students of Geography, specifically in the climatology discipline, and of the knowledge acquired in the discipline Special Topics: Remote Sensing and Environment, offered by the Geography Postgraduate Program at Paulista State University, in partnership with teachers of the University of Rennes 2, France.

**Keywords:** Climatology; Remote Sensing; Teaching.

---

Recebido em 17/01/2015

Aprovado para publicação em 05/01/2016

## INTRODUÇÃO

O clima deve ser entendido como um sistema aberto e dinâmico. Cabe à meteorologia utilizar técnicas e instrumentos de análise dos fenômenos físicos da atmosfera, realizar a previsão do tempo e monitorar os fenômenos atmosféricos. Nesse sentido, o meteorologista procura relacionar a maior quantidade de elementos meteorológicos, desde a escala local à escala zonal. Para alcançar os objetivos desta ciência, os meteorologistas, atualmente, se dispõem de uma grande quantidade de técnicas e dados. Dentre estes, podem-se citar: a teledetecção, dados coletados em estações meteorológicas, observações em campo e o uso de modelos matemáticos e computacionais. Conforme Sorre (1951), a meteorologia preocupa-se em realizar a medição dos fenômenos físicos da atmosfera, investiga a natureza das relações que existem entre estes e procura prever a repetição destes.

A climatologia, por sua vez, tem a preocupação em relacionar a dinâmica atmosférica com os fatores geográficos, e investigar como este relacionamento repercute no espaço geográfico. Assim, faz-se necessário diferenciar as escalas geográficas do clima, as quais são discutidas por Monteiro (1999) e Sant'Anna Neto (2013). É importante, também, levar em consideração que as escalas geográficas do clima, conforme Sant'Anna Neto (2013, p.75), não devem ser entendidas somente como dimensões espaciais ou temporais, mas, sim, como processos dinâmicos que exercem ou provocam qualquer tipo de interferência no sistema climático, incluindo-se, aqui, as interferências de origem antrópica.

Nesse contexto, dados obtidos por sensoriamento remoto ou teledetecção são ferramentas importantes para a climatologia atual, uma vez que associados a dados coletados em superfície, têm a capacidade de detalhar melhor, alguns fenômenos atmosféricos que, muitas vezes, são de difícil caracterização em campo ou em cartas sinóticas. Além de proporcionar um melhor entendimento da circulação da atmosfera em escala regional e de contribuir para o entendimento dos tipos de tempo em escala local, as imagens de satélite proporcionam uma visão sinótica do espaço. Destaca-se, ainda, que, alguns satélites apresentam resolução temporal com intervalo de tempo curto, aspecto que permite acompanhar a dinâmica de um dado fenômeno atmosférico de forma rápida. Nesse sentido, a teledetecção deve ser considerada ferramenta importante para estudos de climatologia, a qual o geógrafo não deve ficar alheio.

O objetivo desse artigo é demonstrar como a integração entre imagens orbitais, cartas sinóticas e dados meteorológicos coletados em superfície, pode ser aplicada para a identificação de alguns fenômenos meteorológicos, como frentes, ciclones e informações sobre nebulosidade e vapor d'água na atmosfera. Nesse sentido, foram utilizadas imagens orbitais do satélite meteorológico GOES 12. A fim de obter melhor detalhamento dos fenômenos climáticos, cartas sinóticas em nível de superfície e dados meteorológicos coletados em superfície, especificamente, pela estação meteorológica 02351003, localizada na cidade de Londrina – PR, foram analisados conjuntamente.

## CARACTERIZAÇÃO CLIMÁTICA DA CIDADE DE LONDRINA – PR

Do ponto de vista de uma classificação climática dinâmica, a cidade de Londrina - PR, bem como toda a região meridional do Brasil, pertence ao grupo do clima subtropical. Este domínio climático apresenta a maior amplitude térmica do país e distribuição regular de chuva ao longo do ano. Com relação às médias térmicas, apresentam valores anuais quase sempre inferiores a 18°C. As precipitações anuais são superiores a 1250 mm (MONTEIRO, 1968, p.117; CONTI e FURLAN, 2005, p.108).

Acerca de uma classificação do tipo estática, especificamente, a classificação de Köppen, Londrina possui um clima do tipo Cfa, isto é, clima úmido, com chuva durante todo o ano e verão quente. A temperatura média de Londrina é 21 °C; enquanto a precipitação média anual é 1600 mm (MENDONÇA, 2002, p.65).

As principais massas de ar que controlam a dinâmica climática regional são: Massa Tropical Atlântica – mTa, Massa Tropical Continental – mTc, Massa Equatorial Continental – mEc e Massa Polar Atlântica – mPa. Destes, a principal massa de ar que atua na definição climática regional é a mTa, uma massa de ar quente e úmida, cuja dinâmica de circulação tem sua

gênese no Anticiclone Semifixo do Atlântico ou Alta Subtropical de 30°S. Por sua vez, a mPa, uma massa de ar fria e úmida, cuja dinâmica de circulação tem sua gênese no Anticiclone Migratório Polar, tem importante atuação nas chuvas de inverno e nas baixas térmicas que ocorrem nesta estação sazonal. Deve-se destacar que a mPa atua durante o ano inteiro, nesta região do país, inclusive no verão (MONTEIRO, 1968; MENDONÇA, 1994).

No que se refere aos sistemas atmosféricos que individualizam as massas de ar, Monteiro (1968, p.118) assevera que a região meridional brasileira estaria, particularmente, afeta às células anticlonais oceânicas. Entrementes, por influência das particularidades da forma e disposição das linhas de relevo, os demais centros de ação da América do Sul, direta ou indiretamente, em maior ou menor escala, interferem na circulação atmosférica da região sul do Brasil. Informações mais detalhadas podem ser consultadas na referida obra.

É importante salientar que, embora o clima de Londrina seja classificado como subtropical, esta cidade está localizada sob uma faixa de transição climática, cuja dinâmica depende da movimentação dos principais sistemas atmosféricos que atuam na região sul, ao longo do ano (MONTEIRO, 1962, 1968; ZAVATINI, 1983; MENDONÇA, 1994).

### INTEGRAÇÃO DOS DADOS E IDENTIFICAÇÃO DE ALGUNS FENÔMENOS METEOROLÓGICOS

A primeira etapa consistiu na análise das cartas sinóticas em nível de superfície, a fim de verificar o comportamento do campo barométrico, e a relação deste com a dinâmica dos sistemas atmosféricos, das frentes e de outros fenômenos meteorológicos. As cartas sinóticas foram obtidas em BRASIL (2013) - 12 horas TMG, isto é, 09 horas da manhã no Brasil, e em INPE (2013a) - 0 hora TMG, isto é, 22 horas no Brasil.

Na sequência, foram utilizadas imagens orbitais do satélite meteorológico GOES 12, cuja resolução temporal é de 15'. Especificamente, fez-se o uso de imagens dos canais 1, 3 e 4. Informações sobre as bandas espectrais, a resolução espectral e a resolução espacial dos canais, podem ser observadas no Quadro 1.

**Quadro 1.** Características dos sensores dos satélites GOES 8 a GOES 13.

Canais	Bandas Espectrais	Resolução Espectral ( $\mu\text{m}$ )	Resolução Espacial (Km)	Aplicação dos Canais
1	Visível	0,55 a 0,75	1	Opera durante o dia. Podem-se observar nuvens, nevoeiros, presença de corpos de gelo sobre a superfície ou oceanos, mapeamento de poluentes na atmosfera.
2	SHORTWAVE / Infravermelho Termal	3,8 a 4	4	Podem-se obter variações da temperatura da terra e dos oceanos. Essas variações por sua vez contribuem para causar alterações nas condições de tempo de um local.
3	MOISTURE / Infravermelho Termal -Vapor de água	6,5 a 7	8	Opera durante o dia e noite. É possível detectar o vapor de água presente nas camadas da atmosfera.
4	IR 1 / Infravermelho Termal	10,2 a 11,2	4	Podem-se obter variações da temperatura da terra e dos oceanos. Essas variações por sua vez contribuem para causar alterações nas condições de tempo de um local.
5	IR 2 / Infravermelho Termal	11,5 a 12,5	4	Podem-se obter variações da temperatura da terra e dos oceanos. Essas variações por sua vez contribuem para causar alterações nas condições de tempo de um local.

Fonte: EMBRAPA (2013); NASA (2013). Org.: Autor.

O satélite GOES 12 possui órbita geoestacionária, isto é, a órbita acompanha a velocidade de translação da Terra, deslocando-se sobre o paralelo do equador, aproximadamente a 36000 Km de altitude. Desse modo, apresenta-se aparentemente parado em relação ao movimento de rotação da Terra. Este tipo de órbita distingue-se daquela dos satélites de recursos terrestres, por exemplo, da série LANDSAT, CBERS, entre outros, cujas órbitas são quase polar síncrona ao sol.

A rede de satélite GOES foi iniciada, na década de 1970, e é controlada pela *National Aeronautics and Space Administration* – NASA e operada pela *National Oceanic and Atmospheric Administration* – NOAA. Atualmente, há quatro satélites GOES em operação, cujo objetivo principal é obter informação global sobre a atmosfera: GOES 10, localizado a 60°W; GOES 11, localizado a 135°W sobre o Oceano Pacífico, também denominado de Goes-West; GOES 12, localizado a 75°W sobre o Rio Amazonas, também denominado Goes-East. Este obtém a maior parte das informações utilizadas na previsão de tempo norte-americana, e GOES 13, posicionado a 105°W (EMBRAPA, 2013; NASA, 2013).

Atualmente, os satélites geoestacionários são os mais utilizados para a previsão do tempo. Além de possuírem rápida escala temporal, fornecem imagens nos espectros do visível e do infravermelho, respectivamente, durante o dia e durante a noite. Ademais, fornecem muitas informações meteorológicas que não estão relacionadas apenas à cobertura de nuvens, como: temperatura, radiação solar, ventos, chuvas, entre outras. Em consequência da grande altura que se encontram, possuem resolução espacial inferior em detrimento dos satélites de recursos terrestres, com órbitas baixas. Em contrapartida, cobrem extensas áreas, fato que permite acompanhar a dinâmica de fenômenos meteorológicos por vastos espaços (VIANELLO e ALVES, 2000).

As imagens orbitais foram adquiridas em INPE (2013b). Procurou-se obter informações sobre nebulosidade e vapor d'água na atmosfera, bem como identificar fenômenos meteorológicos, como frentes e ciclones extratropicais. Para a interpretação das imagens orbitais foram selecionadas duas datas julgadas mais pertinentes, dentro de um episódio de 07 dias. Assim, foram analisadas imagens referentes a 31 de julho de 2011 e 03 de agosto de 2011. O critério adotado para a escolha das imagens foi a ocorrência de fenômenos meteorológicos bem perceptíveis, sobre a cidade de Londrina, tanto nas imagens orbitais, como nas cartas sinóticas. Dentre estes, podem-se citar: linhas de instabilidade, frentes e ciclones.

Atualmente, conforme Dubreuil (2005, p.80), a alta resolução temporal das imagens orbitais dos satélites meteorológicos, permite produzir animações da dinâmica atmosférica de um dado dia, mês ou ano, as quais são apresentadas nos boletins emitidos por televisão. Estes dados são considerados elementos chave da previsão meteorológica moderna, pois possibilita registrar os movimentos da atmosfera, a partir da observação contínua da nebulosidade.

Em escalas regional e local, muitos estudos utilizam imagens orbitais para acompanhar a dinâmica da nebulosidade. Dentre estes estudos, pode-se citar o trabalho de Dubreuil (2005, p.86), cujo um dos objetivos foi monitorar as frentes de brisa marítima, no litoral do nordeste do Brasil, a partir da análise de imagens orbitais.

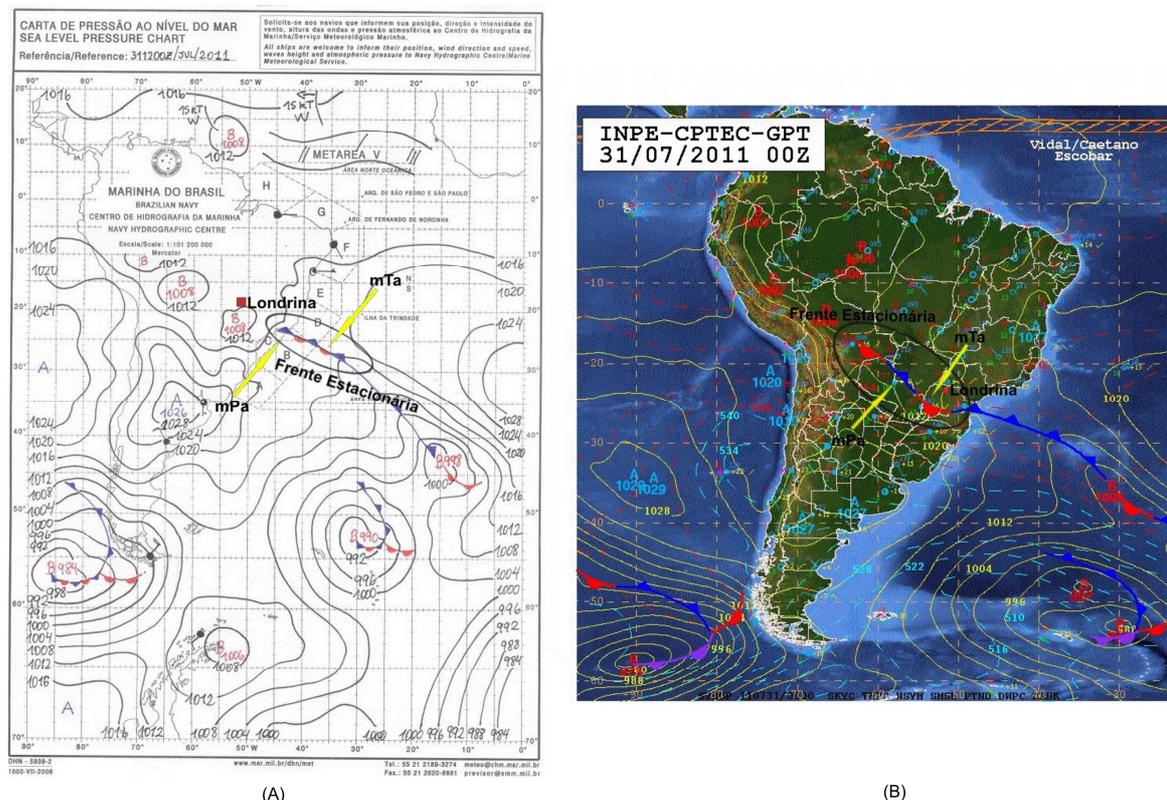
Por fim, foram utilizados dados coletados em superfície, tais como: temperaturas média, máxima e mínima, precipitação, umidade relativa e direção preferencial dos ventos, a fim de verificar como a dinâmica atmosférica em escala regional atua em escala local, especificamente, na cidade de Londrina. Foram utilizados dados da estação meteorológica de Londrina – 02351003, os quais foram obtidos junto ao Instituto Agrônomo do Paraná – IAPAR. Ressalta-se que, a cidade de Londrina está distante aproximadamente 160 Km ao sul da cidade de Presidente Prudente – SP. É importante destacar que houve a tentativa de utilizar dados da estação meteorológica 83716, localizada na Faculdade de Ciências e Tecnologia, Universidade Estadual Paulista (FCT/UNESP), campus de Presidente Prudente – SP. Todavia, a existência de falhas inviabilizou a utilização destes.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

Analisando a carta sinótica referente ao dia 31 de julho de 2011, verifica-se a ocorrência de uma frente estacionária em uma diagonal SE-NW, aproximadamente entre as latitudes 25° S e

15° S, desde o sul do Estado do Paraná até a Bolívia. A gênese desta frente é decorrente do encontro da mTa proveniente de E e NE, e da mPa proveniente de SW. Em latitudes superiores, entre 40° S e 60° S, frentes oclusas também são observadas (Figura 1).

**Figura 1.** Cartas sinóticas ilustrando as condições de pressão atmosférica, em 31 de julho de 2011, com ênfase para a cidade de Londrina.



(A) (B)  
Fonte: 1(A) BRASIL (2013), 1(B) INPE (2013a). Org.: Autor.

O núcleo do Anticiclone Semifixo do Atlântico encontra-se mais a leste, entretanto, a mTa continua influenciando o continente, inclusive a cidade de Londrina, visto que a direção preferencial do vento é de NE (Tabela 1). As cartas sinóticas indicam que há um avanço do Anticiclone Migratório Polar, percebido pelo aumento da pressão atmosférica dentro do continente da América do Sul.

**Tabela 1.** Dados meteorológicos coletados em superfície.

Data	Temp. média (°C)	Temp. Máxima (°C)	Temp. Mínima (°C)	Prec. (mm)	NEB**	Umidade relativa (%)	Dire. Pref. Vento
28/7/2011	19,3	27,2	12,8	0	NUB	61,1	NE
29/7/2011	22,1	29,4	14	0	NUB	55,8	W
30/7/2011	17,8	20,8	16,6	3,4	ENC	89,8	NW
31/7/2011*	17,4	19,4	16,3	20,8	ENC	95,5	NE
01/8/2011	17,2	18,3	16,2	5,8	ENC	96,5	NE
02/8/2011	8,7	17,2	5,8	4,8	NUB	81,8	W
03/8/2011*	6,9	11,4	3,2	0	NUB	78,9	W

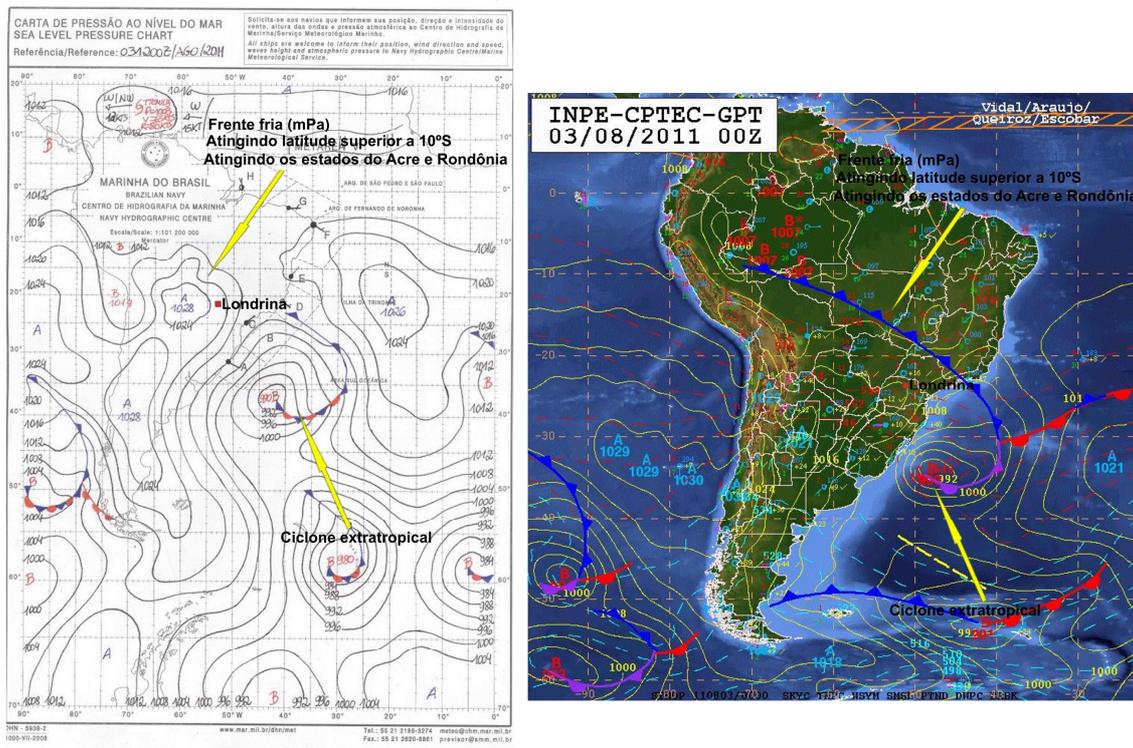
Fonte: IAPAR. Estação meteorológica convencional – 02351003. Altitude: 585 m. Coordenadas: 23° 22' S e 51° 10' W. (\*) Datas em que foram analisadas cartas sinóticas e imagens orbitais. (\*\*) nebulosidade.

Fazendo uma relação com outros dados meteorológicos da (Tabela 1), o avanço da mPa é percebido pela redução da temperatura, mas, principalmente, pelo aumento da precipitação e da umidade relativa, devido aos movimentos convectivos da mTa, forçada para cima pela mPa. Assim, verifica-se diminuição de 0,4 °C, 1,4 °C e 0,3 °C, respectivamente, nas temperaturas

média, máxima e mínima em relação ao dia anterior, precipitação de 20,8 mm e umidade relativa de 95,5%. O aumento dos valores da precipitação e da umidade relativa, indicam, assim, que a cidade de Londrina está sob a influência de uma frente estacionária. Analisando o episódio, compreendido entre os dias 28 de julho de 2011 e 03 de agosto de 2011, verifica-se que a frente estacionária atuou sobre a cidade de Londrina, entre 30 de julho de 2011 e 02 de agosto de 2011, isto é, durante 04 dias, o que tecnicamente caracteriza este fenômeno como frente estacionária.

Com relação à carta sinótica referente ao dia 03 de agosto de 2011, verifica-se a atuação do Anticiclone Migratório Polar em boa parte do centro-sul do Brasil, devido aos valores altos de pressão identificados. Uma frente fria induzida pela mPa estende-se numa diagonal SE-NW, desde o Rio de Janeiro até Rondônia e Acre, abrangendo a região da Depressão do Chaco e a cidade de Londrina (Figura 2).

**Figura 2.** Cartas sinóticas ilustrando as condições de pressão atmosférica, em 03 de agosto de 2011, com ênfase para a cidade de Londrina.



(A) (B)  
**Fonte:** 2(A) BRASIL (2013), 2(B) INPE (2013a). **Org.:** Autor.

Os dados meteorológicos da (Tabela 1) corroboram o fato de que a cidade de Londrina está sob influência da mPa. Os resultados apontam acentuada redução de temperatura, com registro de 6,9 °C de temperatura média e 3,2 °C de temperatura mínima, ausência de precipitação, umidade relativa ainda alta, com valor de 78,9%, porém, mais baixa que 31 de julho de 2011, e direção preferencial de vento de W.

Ainda analisando a carta sinótica de 03 de agosto de 2011, vale destacar a ocorrência de um ciclone extratropical, com o núcleo de baixa pressão centrado aproximadamente na latitude 30° S, sobre o oceano atlântico, próximo ao litoral do Rio Grande do Sul. Boletins técnicos de INPE (2013a) indicam que, nesta data, o vento alcançou velocidade entre 50km/h e 90 Km/h no centro-leste da região sul.

Analisando as cartas sinóticas das duas datas, bem como o episódio dos dados meteorológicos (Tabela 1), pode-se dizer que o avanço da mPa, iniciado em 29 de julho de 2011, atraiu as massas de ar tropicais para si, por meio de troca cinética de energia, fato que ocasionou aumento das temperaturas desta data em relação ao dia anterior.

Na sequência, instala-se o fenômeno da frente estacionária, no dia 30 de julho de 2011, quando se inicia o processo de precipitação, ainda incipiente, destacando-se a direção preferencial de vento de NW, o que demonstra provável interação entre mPa e mTc ou mEc, isto é, interação entre massas de ar tropicais e extratropicais. A partir desta data até 02 de agosto de 2011, verifica-se progressiva diminuição dos valores das temperaturas e ocorrência de precipitação, o que caracteriza este período de 04 dias, como período de abrangência da frente estacionária. Dada a conjuntura dos processos, as precipitações registradas neste período, podem ser classificadas quanto a sua gênese, como do tipo frontal.

Vale destacar que, nos dias 31 de julho de 2011 e 01 de agosto de 2011, a principal massa de ar atuante em Londrina voltou a ser a mTa, com direção preferencial de vento de NE; enquanto nos dias subsequentes o principal sistema atmosférico passou a ser a mPa, com direção preferencial de vento de W, dominando boa parte da região centro-sul e alguns locais do norte e nordeste do país, sob forma de frente fria até a latitude de 10° S.

Com relação à fotointerpretação das imagens orbitais, foi dada prioridade para a identificação de frentes, nebulosidade, vapor d'água na atmosfera e fenômenos meteorológicos, como ciclones. Assim, analisando o conjunto de imagens do dia 31 de julho de 2011 (Figura 3), especificamente do canal 1 – visível (Figura 3A), observa-se grande nebulosidade em uma diagonal no sentido SE-NW, desde o Atlântico até a Bolívia. A cidade de Londrina está sob esta área de nebulosidade, e há relação entre o dado com aquele registrado na estação meteorológica, classificado como encoberto (Tabela 1). A diagonal de nebulosidade coincide com a frente estacionária identificada nas cartas sinóticas. Destaca-se que, no canal do visível, as nuvens refletem muita energia eletromagnética. Assim, estas são facilmente identificadas pela forma e pela cor branca.

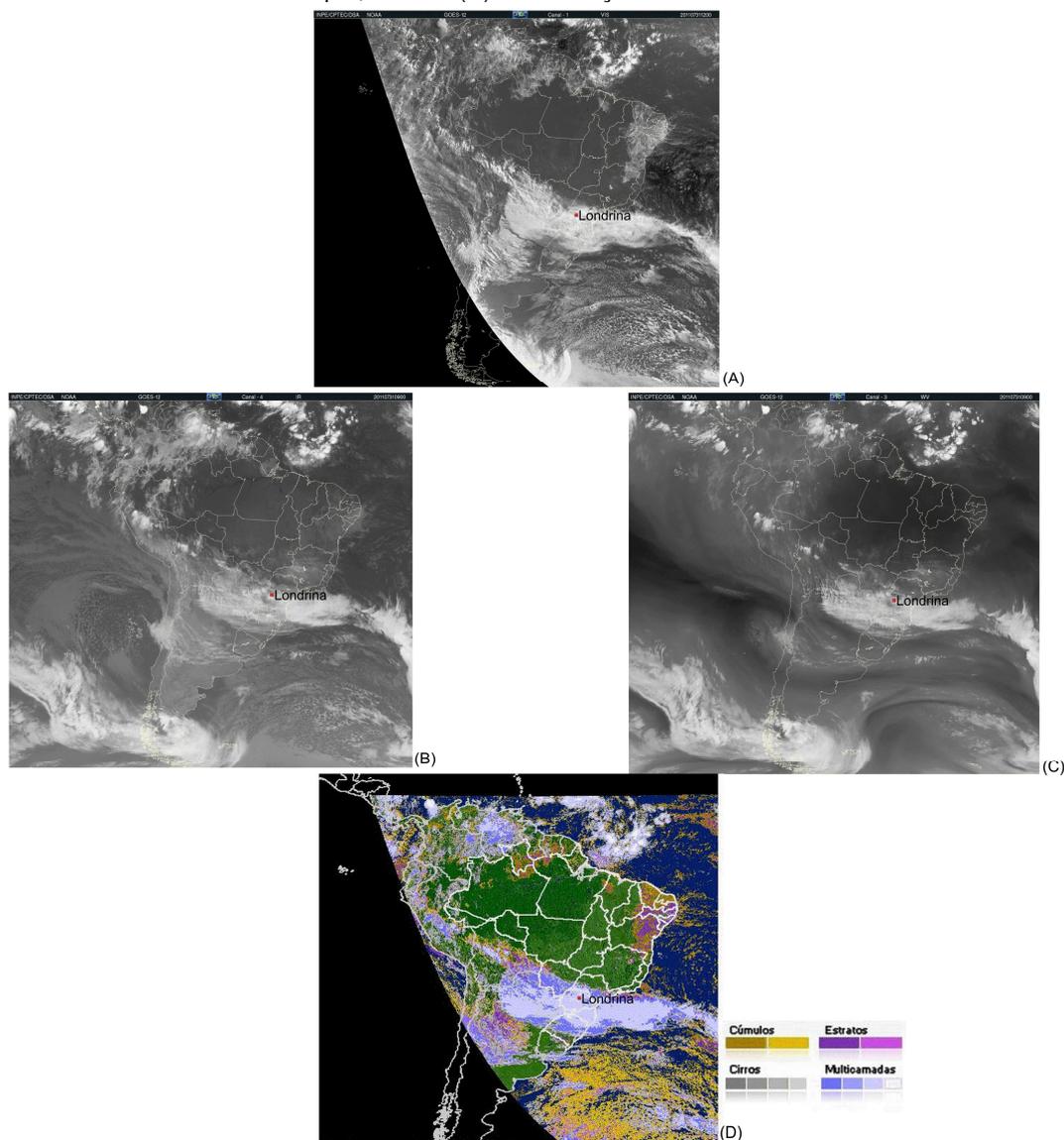
Acerca do canal 4 – infravermelho termal (Figura 3B), uma das principais vantagens em utilizar este canal é a capacidade em conseguir identificar diferentes tipos de nuvens. Assim, nuvens mais baixas e de grande desenvolvimento vertical, como *cumulus* e *cumulonimbus*, respectivamente, tendem a apresentar níveis de cinza mais claros ou mesmo brancos; enquanto nuvens altas, como da família *cirrus*, tendem a apresentar níveis de cinza mais escuros. A forma e a textura das nuvens também ajuda a diferenciá-las. Nesse sentido, é possível utilizar em conjunto imagens do canal visível e do canal 4, a fim de identificar tipos de nuvens.

A imagem do canal 4 (Figura 3B), permite observar que as nuvens que ocorrem sobre Londrina, não são baixas do tipo *cumulus*, pois não refletem tanta energia e não apresentam forma granulosa ou empilhada do tipo “couve-flor”, característica de nuvens do tipo *cumulonimbus*. Também não são nuvens altas da família *cirrus*, pois há alta densidade de nuvens e estas não apresentam forma fibrosa ou ondulada. Outra evidência que corrobora o fato destas nuvens não serem da família *cirrus*, diz respeito à ocorrência de precipitação, 20,8 mm de chuva registrado na estação meteorológica, considerado o dia mais chuvoso no período analisado.

A respeito das nuvens da família *cirrus*, estas não são nuvens produtoras de chuva. Estão compreendidas aproximadamente entre 6 Km e 12 Km de altitude e são compostas, basicamente, por cristais de gelo. Apresentam forma fibrosa ou ondulada e estão relacionadas a temperaturas baixas, comumente associadas à passagem de frente fria. Movem-se rapidamente e servem para indicar a atuação de correntes de jato em altitude. São nuvens finas e delicadas as quais, geralmente, formam listras ou faixas no céu (STRAHLER, 1969, p.187; STRAHLER e STRAHLER, 1986, p.112; AYOADE, 1986, p.149 e MENDONÇA e DANNI-OLIVEIRA, 2007, p.67).

Analisando as imagens orbitais é possível afirmar que a frente estacionária proporcionou acentuada nebulosidade e precipitação. Sob estas condições atmosféricas, o padrão de nuvens que é identificado nas imagens, não pôde ser classificado como nuvens baixas da família *cumulus* ou nuvens altas da família *cirrus*, pois a forma e o padrão não condiziam com estas. Em verdade, houve dificuldade em classificar os tipos de nuvens sobre Londrina. Nesse sentido, recorreu-se à classificação de nuvens realizada por INPE (2013b), de tal modo que as nuvens sobre a região de interesse foram classificadas como do tipo multicamadas (Figura 3D).

**Figura 3.** Imagens orbitais referentes a 31 de julho de 2011. (A): canal 1, visível, 0,55  $\mu\text{m}$  a 0,75  $\mu\text{m}$ , 12h:00. (B): canal 4, infravermelho termal, 10,2  $\mu\text{m}$  a 11,2  $\mu\text{m}$ , 09h:00. (C): canal 3, vapor d'água, 6,5  $\mu\text{m}$  a 7  $\mu\text{m}$ , 09h:00. (D): classificação das nuvens.



Fonte: INPE (2013b). Org.: Autor.

O canal 3 – vapor de água (Figura 3C) tem a capacidade de registrar a energia eletromagnética emitida pela água em estado gasoso e pelas pequenas gotículas de água que formam as nuvens, nos níveis mais altos da troposfera. Por esse motivo, as nuvens altas e médias também podem ser detectadas por esta banda, o que dificulta a separação entre os dois alvos, isto é, vapor de água e nuvem.

Analisando a imagem é possível verificar que há vapor de água sobre a cidade de Londrina. Entretanto, quando comparado com a imagem do canal 4, infravermelho termal (Figura 3B), observa-se que há menos vapor de água sobre o sul do Estado de São Paulo, sobre o oeste do Estado de Mato Grosso e sobre a Bolívia.

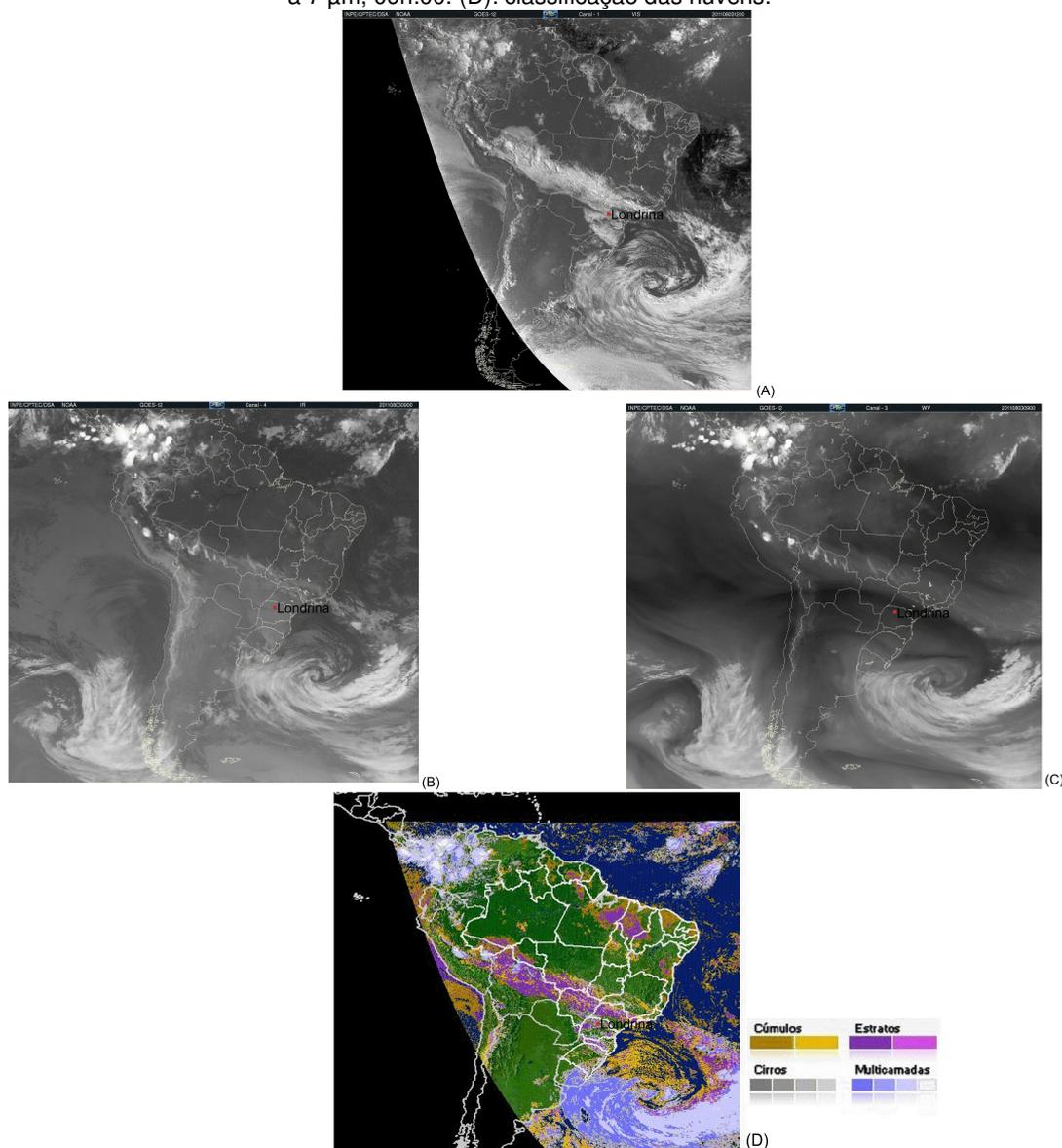
Através desta análise, pode-se dizer que o valor alto de umidade relativa, equivalente a 95,5 %, registrado na cidade de Londrina pela estação meteorológica, está relacionado a dois processos meteorológicos em conjunto: a) redução da temperatura impulsionada pelo avanço da mPa, uma vez que houve redução de 0,4  $^{\circ}\text{C}$  na temperatura média em relação ao dia anterior, e b) aumento do vapor de água sobre a região trazida por sistemas tropicais úmidos, como a mTa. Estes dois processos, isto é, diminuição da temperatura e aumento do vapor

d'água na atmosfera, segundo Strahler (1969, p.182) e Strahler e Strahler (1986, p.108), são responsáveis pelo aumento da umidade relativa do ar.

Com relação à análise do conjunto de imagens de 03 de agosto de 2011, verifica-se na imagem do canal 1 – visível (Figura 4A), que há uma diagonal de nebulosidade no sentido SE-NW, desde o oceano Atlântico, próximo à zona litorânea de São Paulo e do Rio de Janeiro, até a Bolívia. Assim, os Estados do Rio de Janeiro, São Paulo, sul de Minas Gerais, sul de Goiás, Mato Grosso do Sul, sul do Mato Grosso, sudeste do Paraguai, Rondônia, leste do Acre, sudoeste da Amazônia, norte da Bolívia e sudeste do Peru, apresentam nebulosidade. Observando a imagem com mais detalhe, verifica-se um campo de baixa pressão associado a um ciclone extratropical, localizado no oceano Atlântico, aproximadamente no paralelo de 30° S.

A imagem do canal 4 – infravermelho termal (Figura 4B), a princípio mostra que esta nebulosidade é formada por nuvens altas do tipo *cirrus*, uma vez que há pouca emissão de energia infravermelha pelas nuvens, denotando tons de cinza mais escuros.

**Figura 4.** Imagens orbitais referentes a 03 de agosto de 2011. (A): canal 1, visível, 0,55 µm a 0,75 µm, 12h:00. (B): canal 4, infravermelho termal, 10,2 µm a 11,2 µm, 09h:00. (C): canal 3, vapor d'água, 6,5 µm a 7 µm, 09h:00. (D): classificação das nuvens.



Fonte: INPE (2013b). Org.: Autor.

Em boa parte dos locais mencionados, dentre estes a cidade de Londrina, praticamente não é possível identificar as nuvens pela sua forma, mas, sim, pelos tons de cinza mais escuro, se comparado com as nuvens da família *cumulus*, no noroeste da Amazônia, por exemplo.

Especificamente, sobre Londrina e o norte do Paraná, o tom de cinza (Figura 4B) indica que as nuvens ali são da família *cirrus*. Vale destacar que a ocorrência deste tipo de nuvem está relacionada à atuação de uma frente fria, a qual resultou nas temperaturas mais baixas no período analisado, a saber: 6,9 °C de temperatura média e 3,2 °C de temperatura mínima. A ausência de precipitação é outro indicador relevante que atesta serem estas nuvens da família *cirrus*.

Entretanto, não é possível afirmar que apenas este tipo de nuvem ocorra sobre toda a diagonal de nebulosidade, visto que os tons de cinza sofrem pequenas alterações. Assim, a classificação das nuvens realizada por INPE (2013b), demonstra que sobre o Paraná, Santa Catarina e norte do Rio Grande do Sul, ocorrem nuvens, principalmente, da família *cirrus* e *stratus*; enquanto os demais locais já mencionados, sob a diagonal de nebulosidade, apresentam nuvens, principalmente, das famílias *stratus* e *cumulus* (Figura 4D).

Por sua vez, a imagem do canal 3 – vapor de água, demonstra que há pouco vapor de água nos locais mencionados, dentre estes a cidade de Londrina, visto que os tons de cinza apresentam-se mais escuros, portanto, a ocorrência de vapor de água é incipiente (Figura 4C). Fazendo uma correlação desta informação com o valor de umidade relativa registrado em Londrina, 78,9%, considerada esta uma umidade relativa alta, pode-se afirmar que este valor alto de umidade relativa é decorrente das baixas temperaturas provocadas pela atuação da frente fria, e não pelo aumento da evaporação – vapor de água – sobre a região.

## CONSIDERAÇÕES

As imagens do canal 4 – infravermelho termal, foram extremamente importantes para a diferenciação dos tipos de nuvens. Ressalta-se que, a caracterização da nebulosidade em campo, isto é, pelo observador da estação meteorológica, é considerada tarefa difícil e, devido a isso, envolve certo grau de subjetividade. Desse modo, a teledeteção pode ser considerada uma ferramenta útil para superar a subjetividade que, porventura, possa existir na classificação das nuvens em campo. Além da nebulosidade, as imagens orbitais foram importantes para a observação da presença de vapor d'água na atmosfera e outros fenômenos meteorológicos, tais como: frente estacionária, frente fria e ciclone extratropical.

A relação estabelecida entre as informações extraídas das imagens orbitais, das cartas sinóticas e dos dados da estação meteorológica, foi importante para entender a gênese dos fenômenos investigados e verificar como a dinâmica atmosférica em escala regional repercute em escala local. Assim, observou-se que os dados registrados na estação meteorológica refletem a dinâmica atmosférica, espacialmente mais perceptível por meio das cartas sinóticas e das imagens orbitais. Pode-se dizer, então, que, a integração entre estas três fontes de dados permite extrair informações mais precisas, bem como valoriza o caráter dinâmico da atmosfera.

## AGRADECIMENTOS

O autor agradece à Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – CAPES, pelo apoio financeiro.

## REFERÊNCIAS

- AYOADE, J. O. **Introdução à climatologia para os trópicos**. São Paulo: Difel, 1986, p.149-153.
- BRASIL. **Cartas sinóticas**. Diretoria de Navegação, Centro de Hidrografia da Marinha, Serviço Meteorológico Marinho. Disponível em: <<http://www.mar.mil.br/dhn/chm/meteo/prev/cartas/cartas.htm>>. Acesso em: 01 dez. 2013.
- CONTI, J. B; FURLAN, S. A Geoecologia: O clima, os solos e a biota. In: ROSS, J. L. S. **Geografia do Brasil**. 5ª ed. São Paulo: EDUSP, 2005, p.108.
- DUBREUIL, V. Clima e teledeteção: Uma abordagem geográfica. **Revista Brasileira de Climatologia**, v. 1, n. 1, p.76-99, dez. 2005.

EMBRAPA - Empresa Brasileira De Pesquisa Agropecuária. **Monitoramento por satélite: GOES** - Geostationary Operational Environmental Satellite Disponível em: <[http://www.sat.cnpem.embrapa.br/conteudo/missao\\_goes.php](http://www.sat.cnpem.embrapa.br/conteudo/missao_goes.php)>. Acesso em: 01 dez. 2013.

INPE - Instituto Nacional De Pesquisas Espaciais. **Banco de dados de imagens**. Divisão de Satélites e Sistemas Ambientais – DAS. Disponível em: <[http://satelite.cptec.inpe.br/acervo/goes\\_anteriores.jsp](http://satelite.cptec.inpe.br/acervo/goes_anteriores.jsp)>. Acesso em: 01 dez. 2013b.

\_\_\_\_\_. **Boletim técnico**. Centro de Previsão de Tempo e Estudos Climáticos – CPTEC. Disponível em: <[http://tempo.cptec.inpe.br/bol\\_tecnico.shtml](http://tempo.cptec.inpe.br/bol_tecnico.shtml)>. Acesso em: 01 dez. 2013a.

MENDONÇA, F.A. Dinâmica atmosférica e tipos climáticos predominantes da bacia do rio Tibagi. In: MEDRI, M.E. *et al.* (Ed.). **A Bacia do Rio Tibagi**. Londrina: 2002, p.65.

\_\_\_\_\_. **O Clima e o Planejamento Urbano de Cidades de Porte Médio e Pequeno: Proposição Metodológica Para Estudo e Sua Aplicação À Cidade de Londrina/PR**, 1994, p.99 - 103. Tese (Doutorado em Geografia Física) – Universidade de São Paulo, São Paulo.

\_\_\_\_\_; DANNI-OLIVEIRA, I. M. **Climatologia**: Noções básicas e climas do Brasil. São Paulo: Oficina de Textos, 2007, p.65-69.

MONTEIRO, C.A.F. Clima. In: IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Geografia do Brasil**: Grande Região Sul. Rio de Janeiro: Divisão Cultural, Tomo I, 1968, p.117-169.

\_\_\_\_\_. Da necessidade de um caráter genético à classificação climática: Algumas considerações metodológicas a propósito do estudo do Brasil meridional. **Revista Geográfica**, v.31, n.57, p.29-44, 1962.

\_\_\_\_\_. O estudo geográfico do clima. **Cadernos Geográficos**. Ano 1, n.1, p.1-73, 1999.

NASA - National Aeronautics And Space Administration. **GOES Project Science**. Disponível em: <<http://goes.gsfc.nasa.gov/>>. Acesso em: <01 dez. 2013>.

SANT'ANNA NETO, J. L. Escalas geográficas do clima: Mudança, variabilidade e ritmo. In: AMORIM, Margarete C de C. T;\_\_\_\_\_. **Climatologia urbana e regional**: Questões teóricas e estudos de caso. São Paulo: Outras Expressões, 2013, p.75-91.

SORRE, M. **Les fondements de la Géographie Humaine**. Paris: Armand Colin, 1951.

STRAHLER, A. N. **Physical Geography**. New York: John Wiley and Sons, Inc., 1969, p.181-190.

\_\_\_\_\_. STRAHLER, A. H. **Geografia Física**. Barcelona: Ediciones Omega, 1986, p.107-113.

VIANELLO, R. L; ALVES, A. R. **Meteorologia básica e aplicações**. Viçosa: UFV, 2000, p.268-307.

ZAVATINI, J. A. **Variações do ritmo pluvial no oeste de São Paulo e norte do Paraná (Eixo Araçatuba – Presidente Prudente – Londrina)**, 1983, p.9-112. Dissertação (Mestrado em Geografia Física) – Universidade de São Paulo, São Paulo.