CARACTERISTIQUES HORAIRE ET SAISONNIERE DE L'ILOT DE CHALEUR URBAIN DE FLORIANÓPOLIS (SUD DU BRÉSIL)

ROCHA G.[1], DUBREUIL V.[2], MENDONÇA F.[3]

1 Laboclima, UFPR, Curitiba, Brésil (geisarochageo@gmail.com)
2 LETG-COSTEL, UMR 6554 CNRS, Université Rennes 2, Rennes, France (vincent.dubreuil@univ-rennes2.fr)
3 Laboclima, UFPR, Curitiba, Brésil (chico@ufpr.br)

Résumé : *Ce travail fait partie d'une thèse de doctorat qui étudie l'îlot de chaleur urbain (ICU) à Florianópolis, État de Santa Catarina, dans le sud du Brésil. Considérée comme une ville de taille moyenne avec environ 500,000 habitants, elle possède la majeure partie du territoire municipal situé sur une île. L'objectif de cet article est de caractériser la variabilité thermique et l'intensité de l'ICU dans la zone d'étude. Pour cela, des données de 15 points d'enregistrement ont été utilisées, comprenant des stations météorologiques complètes et des capteurs de température, de juillet 2018 à août 2019. Deux points de référence ont été sélectionnés, l'un inséré dans la zone urbaine centrale et l'autre dans un environnement de caractéristiques rurales. La comparaison montre que l'évolution de l'ICU varie en fonction de l'heure et de la saison. Les résultats indiquent que le développement de l'ICU se produit pendant la nuit, les plus grandes amplitudes de l'ICU étant enregistrées à l'aube. Pendant les mois les plus froids, avec moins de précipitations et moins de vitesse du vent, la différence entre le point urbain et rural est en moyenne de 2°C.*

Mots clés : *îlot de chaleur urbain ; intensité et variabilité thermiques ; environnement côtier*

Summary: ***Hourly and seasonal characteristics of the urban heat island of Florianópolis (southern Brazil).*** *This work is part of a doctoral thesis that studies the urban heat island (UHI) in Florianópolis, state of Santa Catarina, southern Brazil. Considered to be a medium-sized city with about 500 thousand inhabitants, it has most of the municipal territory located on an island. The objective of this article was to characterize the thermal variability and the intensity of the UHI in the study area. For this, 15 record points were used, including complete weather stations and temperature sensors, from July 2018 to August 2019. Two reference points were selected, one inserted in an urban area and the other in an environment with rural characteristics. The comparison showed that the evolution of the UHI varies according to the hours and season. The results indicate that the development of the UHI occurs overnight, with the highest magnitudes of the UHI being recorded at dawn. In the colder months, with less precipitation and less wind speed, the difference between the urban and rural point averages 2ºC.*

Key words: *urban heat island; thermal intensity and variability; coastal environment*

Introduction

Le climat urbain fait l'objet de nombreuses études dans le domaine de la climatologie depuis le XXe siècle, la plupart des recherches se focalisant sur les impacts thermiques, notamment le phénomène d'îlot de chaleur urbain (ICU). Au Brésil, ces dernières années, il y a eu une augmentation de l'intérêt et de ces études dans les villes petites et moyennes (AMORIM, *et al.*, 2015 ; GOMES, *et al.*, 2017), y compris celles situées sur la côte, là où se trouve la majorité de la population du pays.

Ce travail étudie Florianópolis (Fig.1), dont une grande partie du territoire (environ 97%) est située sur une île. L'estimation de la population en 2019 a indiqué que Florianópolis, capitale de l'Etat du Santa Catarina, compte plus d'un demi-million d'habitants (500,973). En été, cette ville économiquement dépendante des activités touristiques, triple sa population. Le climat de la région est considéré comme subtropical de l'hémisphère sud : selon DUBREUIL *et al.* (2019), les années de type Cfa selon la classification de Köppen[1] représentent 65% des années contre 6% pour les types A, 22% pour les types Cwa et 7% pour les types Csa. En l'absence d'une véritable saison sèche, Florianópolis connaît une distribution régulière des précipitations tout au long de l'année, avec des totaux plus élevés en janvier et plus faibles en août. Les

[1] Cfa : climat tempéré, sans saison sèche et été chaud ; Cwa : climat tempéré avec été chaud et humide ; Csa : climat tempéré avec été chaud et sec.

températures les plus élevées sont enregistrées en février, avec une moyenne de 29.3 ºC et les plus basses en juillet, avec une moyenne de 12.9 ºC.

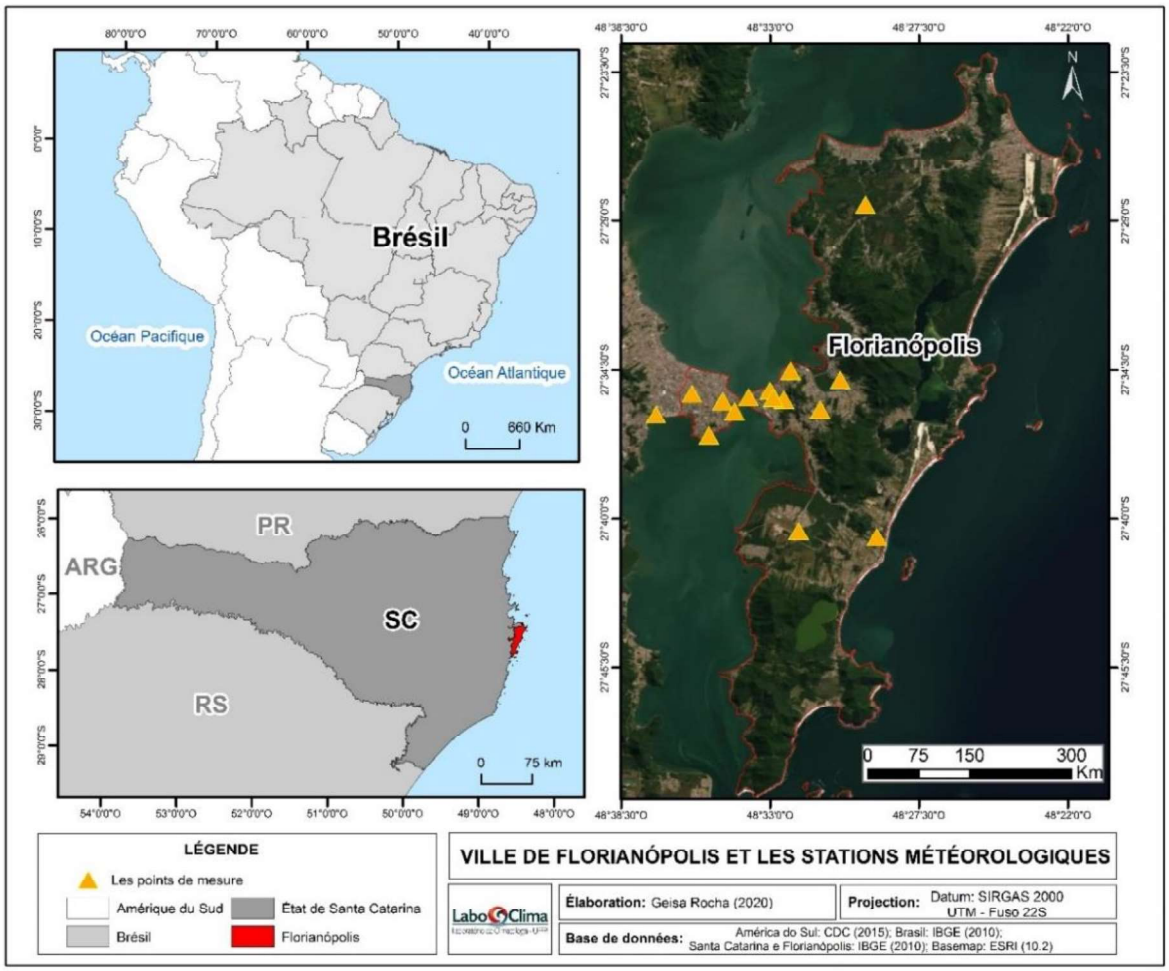


Figure 1. Localisation de la ville de Florianópolis et des stations météorologiques utilisées

Des études antérieures ont montré l'influence de l'utilisation des terres et de l'urbanisation sur le climat local (MONTEIRO, 1990; SOUZA, 2013), et les résultats préliminaires portant sur une période de deux mois (Août et Septembre 2018) ont mis en évidence la présence d'un ICU dans la péninsule centrale et continentale, montrant jusqu'à 6°C de différence thermique entre le centre-ville et la campagne (ROCHA *et al.*, 2019).

1. Données et méthodes

1.1. Base de données

Pour ce travail, nous avons utilisé 15 séries de mesures pendant une période d'un an, d'août 2018 à juillet 2019 : six stations automatiques *Davis Vue* et cinq capteurs *TinyTag* ont été installés, en plus des stations existantes appartenant à des organismes institutionnels (UFSC, IFSC, INMET et EPAGRI): au total cinq points de mesures sont situés sur le continent et dix dans la partie insulaire de l'agglomération. Les points de mesure ont été disposés sur la base d'études antérieures sur les différences d'utilisation des terres, il y a donc des points dans les zones plus denses de la ville et un autre dans la zone rurale.

Pour analyser les caractéristiques de l'îlot de chaleur, deux stations de référence ont été choisies, l'une insérée en milieu majoritairement urbain et l'autre en milieu rural (Fig.2).

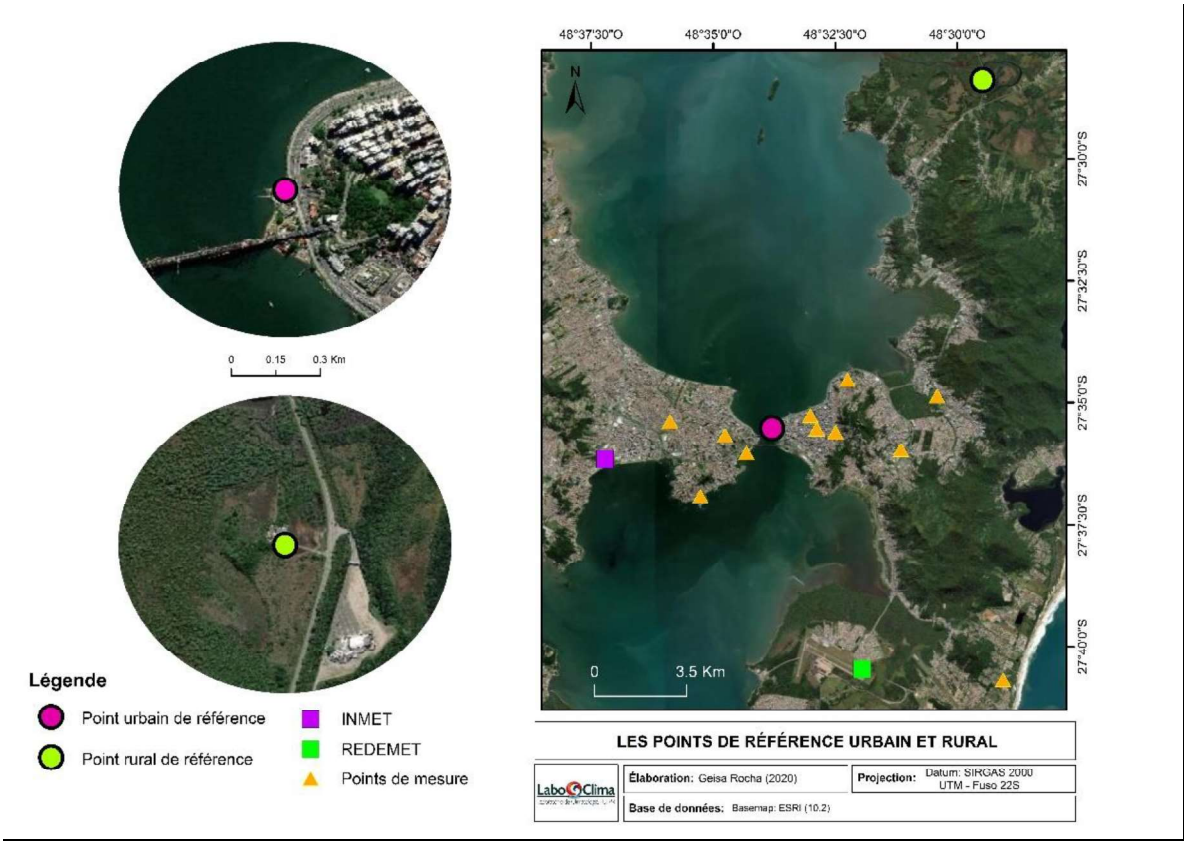


Figure 2. Stations météorologiques de référence urbaine et rurale à Florianópolis

La station du point urbain de référence située à 1 m d'altitude, est la plus proche de la mer, à 24 m de la plage. Elle est située à côté d'une avenue de circulation automobile intense et la zone urbaine environnante est constituée d'immeubles résidentiels d'une moyenne de 12 étages. Bien qu'étant proche de la mer, le choix s'est porté sur cette station car elle est située au centre de la zone urbanisée, dans un environnement littoral très représentatif de la ville de Florianópolis et parce qu'il s'agissait de la station qui présentait les valeurs d'intensité les plus élevées de l'ICU.

Pour représenter l'environnement rural (le point rural de référence), la station météorologique de la Société de Recherche Agricole et d'Extension Rurale de Santa Catarina (EPAGRI) a été choisie : elle est située dans le nord de l'île de Santa Catarina, au sein de la station écologique "Carijós", où prédomine l'écosystème de la mangrove. Elle est à environ 3,5 km de la mer et à 14 km du centre-ville.

Les deux stations ont enregistré des températures instantanées, maximales et minimales toutes les heures (soit environ 28,000 enregistrements pour chaque station). Pour le calcul de l'intensité de l'ICU, nous avons soustrait les valeurs de températures du point de référence de l'environnement rural des valeurs de température du point urbain, c'est à dire ΔT = Urbain - Rural. Les données ont été organisées dans une feuille de calcul Excel, qui a également été utilisée pour des calculs statistiques.

2. Résultats

2.1. Variabilité thermique sur la période

Au cours de la période d'observation (Fig.3), la température moyenne maximale la plus élevée des deux stations a été observée pendant le mois de Janvier, avec 32.7 ºC pour la station urbaine et 31.9°C pour la station rurale, soit une différence 0.8 ºC entre elles.

La température minimale moyenne la plus basse a été enregistrée en Août 2018, avec 14.1°C pour la station urbaine et 10.3°C pour la station rurale, soit une différence de 3.8°C. De manière générale, l'ensemble de l'année 2018-2019 a été une année plus chaude que la normale, puisque la température maximale moyenne était 26.6ºC, 1.5ºC de plus, et la minimale était 19.8, 2.4ºC au-dessus de la normale. De plus, l'année a été légèrement moins arrosée, il a plu environ 268 mm de moins que la normale soit 1768.6.

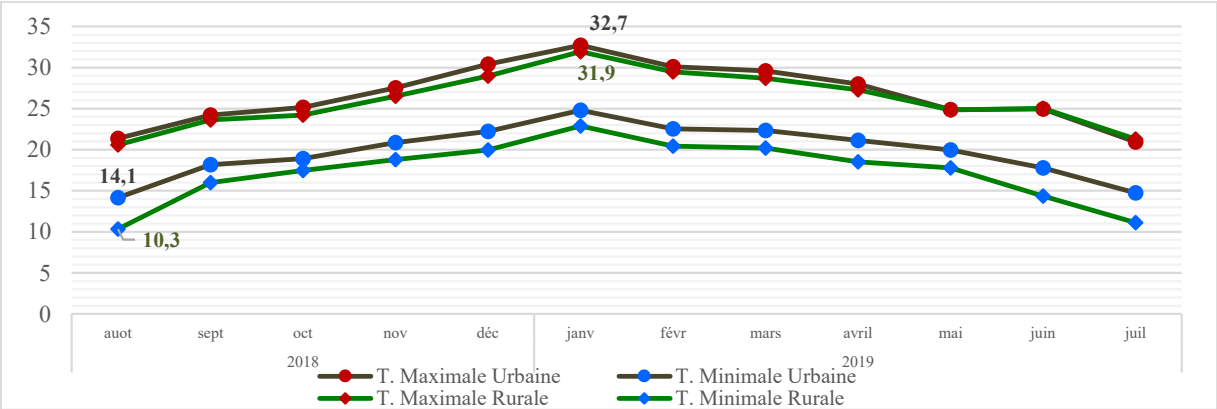


Figure 3. Variation thermique des températures maximales et minimales des stations urbaines et rurales à Florianópolis en 2018-2019

2.2. Variation saisonnière de l'intensité de l'ICU

L'intensité moyenne de l'ICU au cours de la période (1 an) était de 2.5°C, avec des valeurs plus élevées en hiver et en automne. Amorim et Dubreuil (2017) ont trouvé la même saisonnalité pour la ville de Presidente Prudente – Brésil. Mendonça (1995), en revanche, a trouvé un ICU à Londrina (Paraná) plus élevé en hiver et en été, avec des intensités allant jusqu'à 7 ºC.

La figure 4 montre comment l'intensité de l'ICU varie en fonction de la pluviométrie (relevés à la station de l'Institut National de Météorologie - INMET) et la vitesse moyenne du vent (km/h) (relevés à la station de la Réseau Météo de Commande Aéronautique – REDEMET, aéroport SBFL). En l'absence de mesures de nébulosité, on considère ici la pluviométrie comme un indicateur inverse et indirect des conditions radiatives favorables à l'ICU. Les trois mois qui ont connu le plus fort ICU moyen correspondent aux mois d'hiver (juin, juillet et août) mais surtout ceux ayant connu les plus faibles totaux pluviométriques. Pour ces trois mois, l'ICU moyen dépasse 3°C et les pluies sont inférieures à 80mm. De septembre à mai, les précipitations sont plus élevées et l'ICU devient proche ou inférieur à 2°C : c'est notamment le cas en octobre, janvier et février. Pendant l'automne, l'ICU moyen est légèrement plus marqué en mai qu'en avril du fait de la plus forte pluviométrie observée en mai. Si les conditions littorales pluvieuses et nébuleuses sont a priori peu favorables au développement d'un fort ICU à Florianópolis, elles permettent cependant au phénomène de bien se développer lors de la saison la moins arrosée.

La relation entre ICU et vent moyen est plus complexe : certes, juin, juillet et août sont des mois où la vitesse moyenne du vent est plus faible que la moyenne et l'ICU le plus faible est bien observé pendant les mois où le vent est le plus fort (d'octobre à février). Pendant la saison des pluies, d'octobre à mai, l'intensité moyenne de l'ICU augmente légèrement, au fur et à mesure que la vitesse du vent diminue. En septembre, la faible vitesse moyenne du vent observé ne permet pas le développement d'un fort ICU en raison des fortes pluies enregistrées au cours de ce mois.

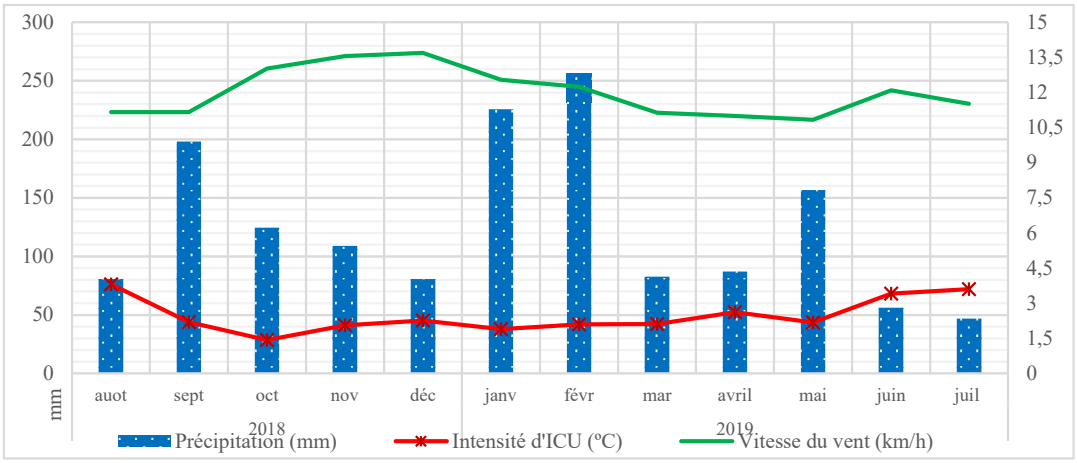


Figure 4. Précipitations, intensité de l'ICU, vitesse et direction du vent à Florianópolis en 2018-2019

Ainsi, une relation inverse entre l'intensité de l'ICU et la vitesse du vent peut être observée, ce qui est une caractéristique standard observée dans le développement du phénomène de l'ICU, car le vent contribue à la dissipation de la chaleur.

2.3. Dynamique horaire de l'ICU

La figure 5 montre la variation horaire moyenne de la température à chaque heure de la journée (ΔT = Urbain - Rural), il est donc possible d'identifier l'évolution quotidienne de l'ICU sur l'ensemble de la période 2018-2019. Il apparaît que les intensités les plus élevées des îlots de chaleur ont été enregistrées principalement pendant la nuit, lorsque la différence T°C urbaine-T°C rurale dépasse 1.5°C à 20h, après quoi elle reste au-dessus de ce niveau jusqu'à 8h du matin en passant par un maximum observé vers 6h (2.1°C) et, occasionnellement, des valeurs supérieures à 3°C sont observées vers 7h du matin. De même, il est possible de remarquer que l'ICU a une intensité plus élevée en hiver (août) qu'en été (janvier).

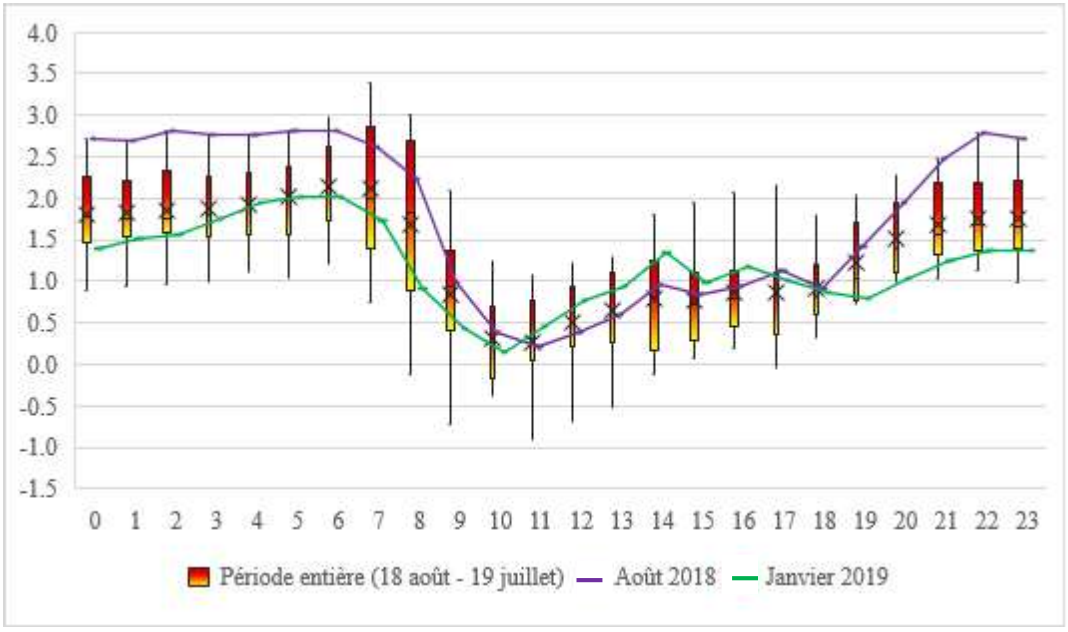


Figure 5. Box plots horaires de l'intensité de l'ICU en 2018-2019 et valeurs moyennes pour août (violet) et janvier (vert)

Conclusions et Discussion

Compte tenu de l'intensité moyenne de l'ICU (2.5°C) au cours de la période et de la classification de Fernández García (1996), Florianópolis présente un îlot de chaleur de moyenne amplitude. Les caractéristiques générales de la température, complétées par des données sur les précipitations, la direction et la vitesse du vent, ont montré que l'ICU se développe avec une plus grande ampleur dans les périodes d'atmosphère plus stable, avec moins de précipitations et une vitesse du vent plus faible, c'est à dire pendant les mois d'hiver austral. En outre, on peut observer que l'ICU a une plus grande importance pendant la nuit et jusqu'à l'aube, atteignant la plus forte intensité à 6 heures du matin. Des analyses ultérieures sur des épisodes particuliers combinées à une étude plus approfondie du vent, notamment l'effet des brises marines, pourront montrer les conditions synoptiques qui permettent le développement de ce phénomène de climat urbain dans une ville avec ces particularités, côtière et insulaire.

Remerciements

Á la CAPES (Coordination de l'amélioration du personnel de niveau supérieur) pour la bourse de doctorat et à EPAGRI-CIRAM pour les données de la station rurale. Projet CAPES-COFECUB, CiClAMEn, Sh 941/19 *(Cities, Climate And vegetation: Modeling and Environmental public policies)*.

Bibliographie

Amorim M. C. C. T., Dubreuil V., 2017. Intensity of Urban Heat Islands in Tropical and Temperate Climates. *Climate*, v. 5, n. 4, p.91.

Amorim M.C.C.T., Dubreuil V., Cardoso R., 2015. Modelagem espacial da ilha de calor urbana em Presidente Prudente (SP), Brasil. *Revista Brasileira de Climatologia*. (16) 29-45.

Dubreuil V., Fante K.P., Planchon O., Sant'Anna Neto J.L., 2018 : Climate change evidence in Brazil from Köppen's climate annual types frequency. *International Journal of Climatology*. v.39, n°3, 1446-1456.

García F.F., 1996. *Manual de Climatologia Aplicada: Clima, Medio Ambiente y Planificación*, 1st ed.; Editorial Síntesis: Madrid, Spain.

Gomes W. P., Amorim M. C. C. T., Dubreuil V., 2017. Modelagem da Ilha de Calor Urbana Aplicada ao Ambiente Litorâneo - Ubatuba/Brasil. *Revista do Departamento de Geografia da Universidade de São Paulo*, v. 34, p.82.

Mendonça F., 1995. *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*. Tese de doutorado em Geografia da Universidade de São Paulo, Brésil.

Monteiro C.A.F., 1990. O campo térmico na cidade de Florianópolis: primeiros experimentos. *Revista GEOSUL*, nº 9 - Ano V. Florianópolis.

Rocha G. S., Dubreuil V., Mendonça F.A., 2019. Résultats préliminaires de l'étude de l'ilot de chaleur urbain à Florianópolis (Brésil). XXXIIe Colloque de l'Association Internationale de Climatologie.

Silveira R. B., Passos M., Murara P., 2012. Estudo de Caracterização da Direção Predominante dos Ventos no Litoral de Santa Catarina. *Anais do X Simpósio Brasileiro de Climatologia Geográfica*, 380–392.

Souza F.R., 2013. *Estudo de fatores explicativos urbanos da distribuição da temperatura no centro de Florianópolis/SC.* 2013. Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal de Santa Catarina, Centro de Filosofia e Ciências Humanas, Programa de Pós-Graduação em Geografia, Florianópolis. 252p.

Wahrlich J., Silva F. A. Da; Campos C. G. C., Rodrigues M. L. G., Medeiros J., 2018. Characterization Of The Predominant Wind Speed And. *Revista Brasileira de Climatologia*, v. 23, 356–373.