



ISSN:1984-2295

Revista Brasileira de Geografia Física

Homepage: <https://periodicos.ufpe.br/revistas/rbgfe>



Alterações Antrópicas no Uso da terra e seu Impacto na Temperatura do Ar na Porção Setentrional do Pará

Ilale Ferreira Lima¹, Francisco de Souza Oliveira², Wilson da Rocha Nascimento Junior³, Edivaldo Afonso de Oliveira Serrão⁴, Layse Gomes Furtado⁵

¹ Mestre em Ciências Ambientais, Programa de Pós-Graduação em Ciências Ambientais, Universidade Federal do Pará, Rua Augusto Corrêa, 01, CEP 66075-10, Belém, Pará. (91) 3201-7390. ilalebrades@hotmail.com (autor correspondente). ² Doutor em Geofísica e Professor Dr. Adjunto IV, Universidade do Pará na Faculdade de Meteorologia, Rua Augusto Corrêa, 01, CEP 66075-10, Belém, Pará. (91) 3201-7390. franciscogeof@gmail.com. (autor correspondente). ³ Doutor em Geologia e Geoquímica e Pesquisador do Instituto Tecnológico Vale – ITV, R. Boaventura da Silva, 955 - Nazaré, Belém - PA, 66055-090. Belém, Pará. wilson.nascimento@itv.org. ⁴ Doutor em Meteorologia e Pesquisador de Pós-Doutorado no Instituto Tecnológico Vale – ITV, R. Boaventura da Silva, 955 - Nazaré, Belém - PA, 66055-090. Belém, Pará. edivaldo.serrao@pq.itv.org. ⁵ Mestre em Ciências Ambientais, Programa de Pós-Graduação em Ciências Ambientais, Universidade do Estado do Pará, Tv. Dr. Enéas Pinheiro, 2626, CEP 56900-000, Belém, Pará. (91) 3131-1914. layse.furtadog@gmail.com.

Artigo recebido em 18/01/2023 e aceito em 12/04/2023

RESUMO

As florestas têm uma influência direta sobre o clima, causando variações de temperatura e umidade, ou seja, mudanças na cobertura superficial podem ter um impacto significativo no clima, potencializando as mudanças climáticas. Na Amazônia tem sido observado o aumento de temperatura que pode ter relação com o grau de desmatamento e a outros fenômenos climáticos. O objetivo deste trabalho é analisar essa teoria, na região do sudoeste do Pará, mais especificamente entre Altamira e Porto de Moz. Sabe-se que nesses dois municípios não houve a preservação natural do ambiente, assim para efeito de comparação foi feita a análise das mesmas variáveis meteorológicas, em uma região de preservação da Floresta Nacional de Caxiuanã. Utilizaram-se dados de temperatura média do ar (°C) e umidade relativa do ar (%) para estas regiões, dados de desmatamento do projeto PRODES, processamento de imagens para áreas sem cobertura vegetal nativa na região de estudo e geoprocessamento de imagens para análise do uso da terra. Identificou-se um aumento na temperatura média nas três regiões de estudo, entretanto, na região preservada, esse aumento foi menos intenso, em relação às regiões de interferência antrópica. Durante os anos existe um aumento de temperatura, mesmo em áreas com características de preservação na vegetação, o que pode ser devido a fatores de escala sinótica e global, entretanto, nas regiões com altas taxas de desmatamento, pastagens e urbanização, o aumento foi muito mais significativo. Palavras-chave: desmatamento, uso de terra, Amazônia oriental.

Anthropic Amendments in the Use of the Earth and its Impact at the Air Temperature in the Northern Pará

ABSTRACT

The forests have a direct influence on the climate, causing changes in temperature and humidity, i.e. changes in surface coverage can have a significant impact on the climate, increasing climate change. In the Amazon has been observed an increase in temperature could have relationship with the degree of deforestation associated to other climatic phenomena. The aim of this paper is to examine this theory, in the southwestern region of Pará, more specifically between Altamira and Porto de Moz. It is known that in these two municipalities there was no natural environmental preservation, so for comparison was made an analysis of the same weather variables, in a region of the Caxiuanã national forest preservation. Data were of average temperature (°C) and relative humidity (%) for these regions, deforestation PRODES project data, image processing for areas without native vegetation cover in the study region and geoprocessing of images for usage analysis of the Earth. Identified an increase in average temperature in the three study regions, however, in the region preserved, this increase was less intense, compared at regions of human interference. Over the years there is an increase in temperature, even in areas with conservation on vegetation characteristics, which may be due to synoptic scale and global factors, however, in regions with high rates of deforestation, grazing land and urbanization, the increase was much more significant.

Keywords: deforestation; land use; eastern Amazon.

Introdução

A Amazônia, que representa uma das principais florestas tropicais do planeta vêm sofrendo importantes desequilíbrios, que podem provocar degradação dos solos e alteração do ecossistema natural (Marengo e Nobre, 2009). Ocupando cerca de 59% do território nacional, abrange os Estados do Acre, Amapá, Amazonas, Maranhão, Mato Grosso, Pará, Rondônia, Roraima e Tocantins, com área superior a 5 milhões de km², é suficiente para proporcionar variabilidade de condições ambientais responsável pela heterogeneidade espacial da região (Kampel et al., 2001).

A floresta vem sendo submetida a pressões ambientais de origem antrópica crescentes nas últimas décadas, tanto diretas advindas dos desmatamentos e dos incêndios florestais, como resultados do aquecimento global (Nobre et al., 2007). Atualmente, o desmatamento tem sido apontado como uma das principais causas das mudanças climáticas regionais e até mesmo globais, constituindo-se como um importante fator a ser analisado na interação entre biosfera e atmosfera (Moraes et al., 2013).

Com o avanço da ciência do clima, a importância da Floresta Amazônica ganhou uma dimensão ainda maior. Observou-se que sua manutenção é fundamental para conter o processo de mudanças climáticas do qual tende a se intensificar nas próximas décadas resultantes do aquecimento global (Liu e Raftery, 2021; Kemp et al., 2022), uma vez que seu desmatamento revelaria o lançamento de grandes quantidades de gás carbônico na atmosfera, um dos principais responsáveis pelo aquecimento global (Drumond, 2023).

Perder a força reguladora da floresta implicaria custo elevado para o Brasil, considerando que a Amazônia desempenha um primordial na regulação de ciclos hídricos, interferindo a estabilidade dos regimes de chuvas, contribuindo para a manutenção de um clima ameno e ofertando proteção contra eventos climáticos extremos em escala nacional. Simulações indicam que mudanças no clima provocadas pelo avanço do desmatamento nesse bioma podem trazer significativas perdas produtivas para o país, mesmo quando esse desmatamento origina de uma expansão de área para produção agropecuária (Que funciona, 2021).

Segundo D'Almeida et al. (2007) o desmatamento pode levar a contrastes efetivos no clima, dependendo da extensão das mudanças na cobertura vegetal. Dos Santos Ribeiro et al. (2023) confirma que um dos principais fatores que interferem nas variações dos padrões de

temperatura do ar na Amazônia é o desmatamento resultante das mudanças uso e ocupação da terra. Tais alterações na floresta amazônica estão associadas ao processo de uso e ocupação da terra, resultante da expansão do agronegócio, da mineração, da exploração da madeira e do avanço da agricultura de subsistência.

Estudos mostram (Pereira et al., 2012) que ações antropogênicas provocam mudanças nas características da superfície em escala regional, entre as mais importantes pode-se citar a desertificação, o desflorestamento, a regeneração de áreas degradadas e a urbanização, as quais podem influenciar o clima global.

Sendo assim, é importante destacar que as trocas de energia, umidade e momento entre a superfície e a atmosfera são componentes importantes do sistema climático; portanto, devido às mudanças nesses fluxos, (através da alteração da cobertura do solo), as circulações em mesoescala causadas pela heterogeneidade da superfície natural e antropogênica afetam significativamente a circulação geral (Pielke et al., 1998). Tais alterações parecem ser mais intensas na região leste na área do arco de desmatamento (Gatti et al., 2021, Marengo et al., 2022).

O aquecimento pode variar por região e realmente as causas podem ser devidas as mudanças naturais de clima (Marengo e Valverde, 2007), por outro lado, sabe-se que o aumento da temperatura está diretamente associado às mudanças no balanço radiativo na superfície e consequentes mudanças no balanço energético do sistema (Rocha et al., 2014), assim, alteração na cobertura vegetal é um fator que se deve levar em consideração dentro das mudanças no balanço radiativo.

Neste trabalho são propostos para o estudo, dois municípios e uma floresta da região da Amazônia brasileira, sendo os municípios de Altamira e Porto de Moz, com aspectos de atuação antropogênica (características de desmatamento, pastagens, áreas agrícolas, urbanização, entre outras classes de uso do solo) e a Floresta Nacional do Caxiuanã, uma região onde sua vegetação natural foi preservada. A principal hipótese é de que a intensificação das atividades antrópicas na área de estudo (e consequentemente, a modificação de cobertura vegetal), podem estar contribuindo para as alterações da dinâmica atmosférica, associada a outros fenômenos climáticos, influenciando de forma direta ou indireta na temperatura da região.

O objetivo deste trabalho é analisar as alterações na dinâmica de uso do solo no decorrer dos anos (Altamira e Porto de Moz) e sua influência

nas variáveis meteorológicas de temperatura e umidade relativa do ar, bem como comparar tais resultados com uma área de preservação (Caxiuanã).

Material e métodos

Utilizou-se para este trabalho, três municípios na região sudoeste do Pará, mais especificamente entre Altamira, Porto de Moz e Melgaço (FLONA de Caxiuanã). Sabe-se que nos primeiros dois municípios não houve a preservação natural do ambiente, assim para efeito de comparação foi feita a análise das mesmas variáveis meteorológicas, em uma região de preservação: a Floresta Nacional de Caxiuanã.

Área de estudo

Altamira

A cidade de Altamira está localizada na margem esquerda do rio Xingu (Figura 1), a 74 metros de altitude, com as coordenadas de latitude: 03°12'00"S e longitude: 52°13'45"W e fica aproximadamente 920 km da capital do Estado (Moura e Ribeiro, 2009). O município teve origem nas missões dos Jesuítas, na primeira metade do século XVIII, quando ainda integrava o gigantesco município de Souzel, foi fundada às margens do Igarapé dos Painéis, uma missão catequética destinada aos índios que habitavam toda a região (Prefeitura, 2018). O território altamirense é dividido em dois distritos: Princesa do Xingu, distante de Altamira 25Km, e Castelo de Sonhos, a 1100Km de Altamira, na divisa com Mato Grosso. Devido a essa imensidão territorial, existem dois fusos horários no município. Em Castelo de Sonhos, a diferença é de 1 hora para Altamira.

O clima do município de Altamira é do tipo equatorial Am (clima de Monção) e Aw (clima tropical com estação seca de Inverno), segundo a classificação Köppen. A precipitação anual está em

torno de 2.123 mm (Silva et al., 2009), situado a 96 metros de altitude.

Porto de Moz

Porto de Moz possui uma área de 17504,89 km² e está localizada a jusante do Rio Xingú (Figura 1), a 15 metros de altitude. Suas coordenadas geográficas tem uma latitude: 01°44'54"S e longitude: 52°14'18"W (IBGE, 2008). Segundo Pará (2007), apresenta o clima do tipo Am (clima de Monção), da classificação de Köppen. Segundo dados do IBGE (2010) o município de Porto de Moz está situado na mesorregião do Baixo Amazonas e integra a microrregião do Almeirim. Possui uma extensão territorial de 16.999 km², e uma altitude de 30 metros na sede municipal, com as seguintes coordenadas geográficas: 1°45'00" de latitude Sul, e 52°14'15" de longitude. A sede do município está situada à margem direita do rio Xingu, assentada numa extensa enseada, em terreno plano e enxuto. A malha urbana da sede do município, que recebe a mesma denominação, obedece a um traçado xadrez, com ruas largas, sendo que na zona central, avenidas e ruas são pavimentadas em cimento concreto (Gonçalves, 2011).

Floresta Nacional de Caxiuanã

Para a região de preservação utilizou-se dados provenientes da estação meteorológica localizada no sítio do Projeto Seca Floresta (ESECAFLOR) na Estação Científica Ferreira Pena (ECFPn) situada na Floresta Nacional de Caxiuanã, onde está a Oeste do Estado do Pará, no município de Melgaço e Portel, como identificado na Figura 1, distante 400 km da capital, (aproximadamente 150 km de Altamira e 96 km de Porto de Moz), cujas coordenadas geográficas são de latitude 01° 42' 30" S, longitude 51° 31' 45" W. O projeto é gerenciado pela Universidade Federal do Pará.

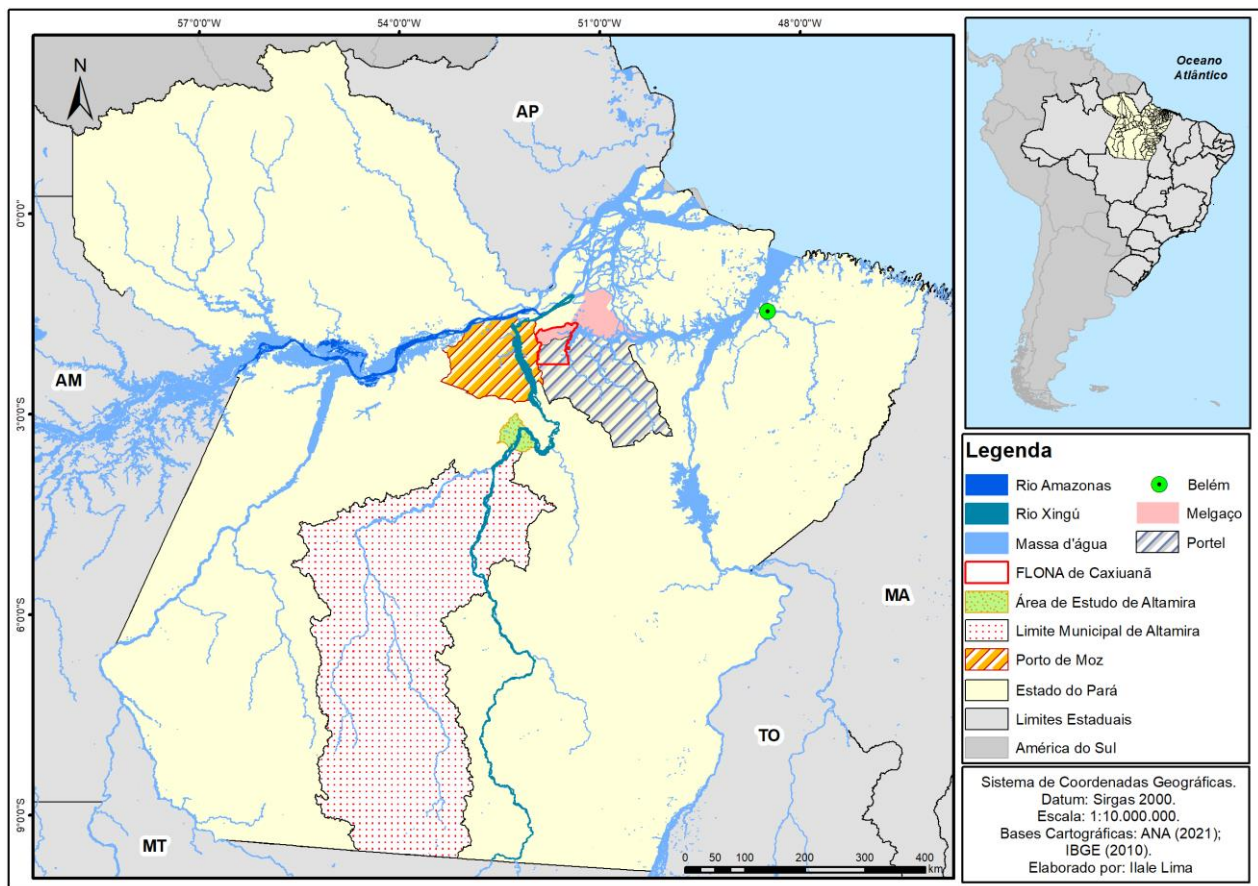


Figura 1. Localização das áreas de estudos.

Aquisição de dados

Dados de desmatamento

Em conjunto com os dados meteorológicos, utilizaram-se dados de desmatamento que foram obtidos no servidor do INPE/OBT no projeto PRODES (Projeto de Estimativa do Desflorestamento da Amazônia). O PRODES realiza o monitoramento do desmatamento na Amazônia legal desde 1988 fornecendo dados considerados confiáveis por cientistas nacionais e internacionais (Kintisch, 2007).

Foi realizado ainda o processamento de imagens SAR adquiridas no endereço eletrônico da JAXA (Japan Aerospace Exploration Agency). Foram adquiridas imagens JERS-1, com polarização HH do ano de 1996, e ALOS/PALSAR, com polarização HH do ano de 2016. As imagens foram submetidas a classificação orientada ao objeto utilizando o software Ecognition. Após a segmentação das imagens, foram classificadas as áreas sem cobertura vegetal nativa na região localizada entre a desembocadura do rio Iriti e do Xingú.

Uso da terra

Para análise das alterações em termos de cobertura vegetal, utilizaram-se as ferramentas de

edição e reclassificação de shapefile em ambiente SIG, onde os dados processados são fontes do projeto do Projeto de Mapeamento Anual da Cobertura e Uso do Solo do Brasil (MapBiomas), este por sua vez é uma iniciativa que envolve uma rede colaborativa com especialistas nos biomas, usos da terra, sensoriamento remoto, SIG e ciência da computação que utiliza processamento em nuvem e classificadores automatizados desenvolvidos e operados a partir da plataforma Google Earth Engine para gerar uma série histórica de mapas anuais de cobertura e uso da terra do Brasil.

Diante dos resultados, foram elaborados gráficos e mapas para representação das informações e comparação com os dados das três localidades.

Testes Estatísticos

No intuito de investigar se realmente há alterações nas temperaturas ao longo dos anos (de 1961 a 2015 para o Altamira, 1967 a 2015 para Porto de Moz e 2001 a 2015 para Caxiuanã), foi aplicado o teste de tendência de Mann-Kandel e teste de homogeneidade de Monte Carlos para as três regiões. Tais testes foram realizados no software XLSTAT (Estudante).

Teste de tendência

Existem vários métodos estatísticos disponíveis para testar a estacionaridade de séries temporais em meteorologia e hidrologia dentre eles, destacam-se os testes não paramétricos de Mann-Kendall (Mann, 1945; Kendall, 1975), utilizados em vários estudos (Fernandes et al., 2022; Aleixo e Filho, 2022; Serrão, 2022), e SpearmanRho (Lehmann, 1975; Sneyers, 1990). De acordo com Wang et al. (2005), o teste de tendência para séries anuais nos dá uma visão global da mudança nos processos de vazão.

O teste de Mann-Kendall consiste em um teste estatístico não paramétrico aplicado na identificação de tendências significativas de longo prazo, é comumente utilizado em análises de séries meteorológicas, demonstrando bastante robustez quanto aos desvios de normalidade e não-estacionariedade dos valores de uma série (Sanches et al., 2013; Ahmad et al., 2015). Para um conjunto de dados, $X_1, X_2, X_3, \dots, X_n$, com $n > 4$, em que n é o número de pontos de dados para a comprovação da hipótese nula H_0 (onde não há tendência positiva nem negativa na série) ou de hipótese alternativa H_1 (onde há tendência positiva ou negativa na série). As equações matemáticas para o cálculo das estatísticas do teste de Mann-Kendall S (Equação 1), $V(S)$ (Equação 2) e padronização a estatística do teste Z (Equação 3) são os seguintes:

Através da consideração da hipótese nula (H_0), temos o somatório de x_j e x_k que são as séries de observações temporais em ordem cronológica, n é o comprimento da série temporal:

$$S = \sum_{k=1}^{n-1} 1 \sum_{j=k+1}^n \text{sgn}(x_j - x_k) \quad (1)$$

Onde,

$$\text{sgn}(x_j - x_k) = \begin{cases} 1 & \text{se } x_j - x_k > 0 \\ 0 & \text{se } x_j - x_k = 0 \\ -1 & \text{se } x_j - x_k < 0 \end{cases}$$

Partindo da premissa de que a hipótese H_0 seja verdadeira, é possível mostrar que S é normalmente distribuída usando a variância de S :

$$V(S) = \frac{1}{18} [n(n-1)(2n+5) - \sum_{p=1}^g t_p(t_p-1)(2t_p+5)] \quad (2)$$

Onde o valor positivo de Z indica uma tendência ascendente, enquanto um Z negativo indica uma tendência descendente. O nível de significância α adotado é de $\alpha = 0,05 = 5\%$ (para valores menores que 1,96, aceita-se a hipótese nula) para o teste de Mann-Kendall. Se a probabilidade p do teste de Mann-Kendall for menor que o nível α , $p < \alpha$, uma tendência estatisticamente significativa existe, enquanto, um valor de $p > \alpha$, confirma uma tendência

insignificante. O teste de Spearmanrho é outro método não paramétrico baseado em classificação utilizado para análise de tendências (Yue et al., 2002; Shadmani et al., 2012; Queiroz, 2013; Ahmad et al., 2015; Zhang et al., 2015). Neste teste, assume-se que os dados de séries temporais são independentes e identicamente distribuídos, a hipótese nula (H_0) novamente indica nenhuma tendência ao longo do tempo e a hipótese alternativa (H_1) é que uma tendência existe crescentes ou decrescente na série. No teste estatístico D_{sr} a estatística padronizada de Z_{sr} , são definidas como (Equações 4 e 5):

$$D_{sr} = 1 - \frac{6 \sum_{i=1}^n (R_i - i)^2}{n(n^2 - 1)} \quad (4)$$

$$Z_{sr} = D_{sr} \sqrt{\frac{n-2}{1 - D_{sr}^2}} \quad (5)$$

Onde, R_i é a classificação das observações de i ; n é o tamanho da série histórica. O nível de significância adotado foi o mesmo proposto no teste de Mann-Kendall.

Ponto de mudança

Há uma variedade métodos estatísticos para a detecção de um ponto de mudança em uma série temporal (Sharkey; Killick, 2014). Neste estudo, foi utilizado o teste não paramétrico proposto por Pettitt (1979) para detectar a ocorrência da mudança abrupta. O nível de significância adotado foi de 5%.

O teste de Pettitt utiliza uma versão do teste de Mann-Whitney $U(t, T)$, o qual verifica se duas amostras $X_1, \dots, X_t$ e $X_{t+1}, \dots, X_n$, são da mesma população ou não (Penereiro e Ferreira, 2012). A estatística de teste conta o número de vezes que o valor da primeira amostra excede o valor da segunda amostra. A hipótese nula (H_0) do teste de Pettitt admite ausência de um ponto de mudança na série (Uliana et al., 2015), contra a alternativa (H_1) de existe um ponto de mudança. A estatística não paramétrica é definida como (Equações 6 e 7):

$$K_T = \max_{1 \leq t \leq T} |U_{t,T}| \quad (6)$$

Onde,

$$U_{t,T} = \sum_{i=1}^t \sum_{j=t+1}^T \text{sgn}(X_i - X_j) \quad (7)$$

Em que:

$$\text{sgn}(x) = \begin{cases} 1 & \text{se } x > 0 \\ 0 & \text{se } x = 0 \\ -1 & \text{se } x < 0 \end{cases}$$

Logo, a estatística $U(t, T)$ é calculada para valores de $1 \leq t \leq T$, e a estatística K_{Tdo} teste é o máximo valor absoluto de $U(t, T)$. Essa estatística localiza o ponto em que houve uma mudança brusca na média de uma série temporal (Penereiro e Ferreira, 2012), onde sua significância é obtida através da Equação (8):

$$P \cong 2 \exp\left(\frac{-6K_T^2}{T^3 + T^2}\right) \quad (8)$$

Onde P é o nível de significância; K_T é o valor crítico; T é o número de anos da série histórica. Quando P é menor do que o nível de significância específica neste estudo (0,05), a hipótese nula é rejeitada.

Análise das variáveis

Foram utilizados dados diários de máximo e mínimo de temperatura média (°C) e umidade relativa (%) dos anos de 2001 a 2016, obtidos através de duas estações convencionais do Instituto Nacional de Meteorologia (INMET), para as regiões onde houve atuação antrópica, a primeira localizada no município de Altamira (latitude: -3.21°, longitude: -52.21° e altitude: 74.04 metros) e a segunda localizada no município de Porto de Moz (latitude: -1,73°, longitude: -52,23° e altitude: 15,93 metros). O tratamento de dados foi realizado em Planilha Eletrônica do Excel, fazendo-se a

média de todo o período, entre os valores mínimos e máximos diários registrados para temperatura e a média aritmética para umidade relativa.

Resultados e discussão

Análise de variáveis meteorológicas

No gráfico identificado na Figura 2 é possível observar o aumento da temperatura média nas três áreas estudadas no período de 2001 a 2016. Os registros de temperatura para os municípios de Altamira e Porto de Moz estão em torno de 27,9 °C como o valor mínimo médio de temperatura registrada no ano de 2001. O maior valor médio observado na série para Altamira foi nos anos de 2005 e 2016 de 28,9 °C e para Porto de Moz de 28,7°C o ano de 2016. Em contrapartida, na área preservada, no ano de 2008 foi o registro mínimo de temperatura de 25,3°C e em 2016 o maior de 27,7°C sendo ainda assim, inferior ao valor mínimo das regiões onde não houve preservação do ambiente. A média ao final da série é de 28,4°C para Altamira, 28,2°C para Porto de Moz e 26,3°C para Caxiuanã. Em relação às modificações dessa variável, para a Amazônia, segundo Nobre (2001); Da Silva Cruz et al. (2022), nota-se que a projeção de aumento de temperatura global segue a mesma tendência de aumento de temperatura à superfície devido ao desmatamento.

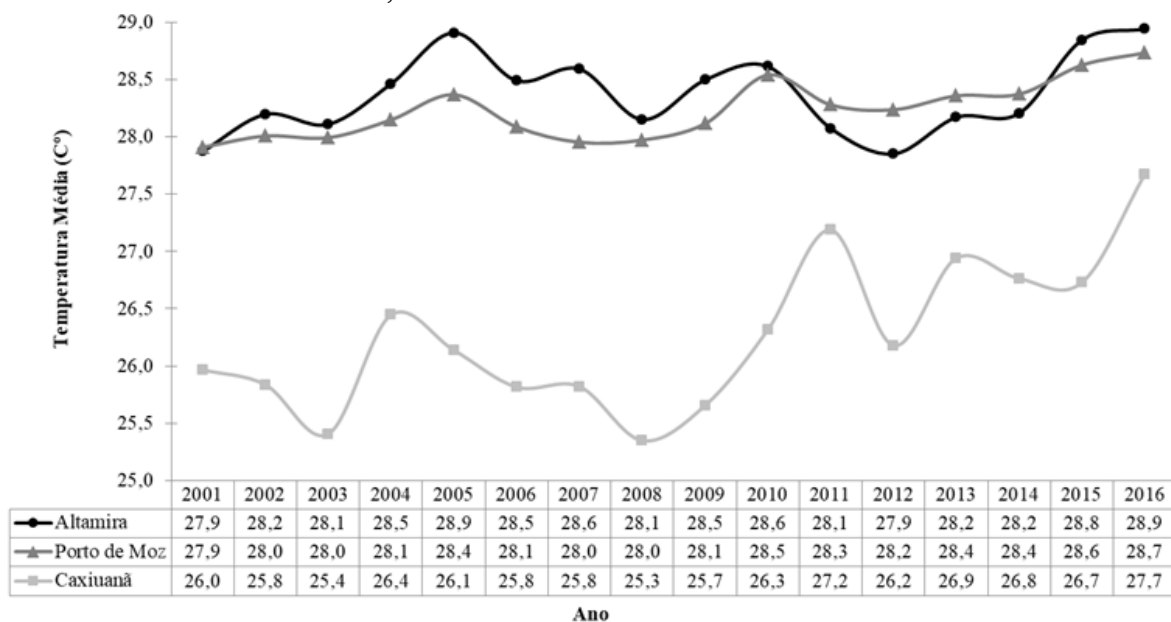


Figura 2. Gráfico de temperatura média observada para os municípios de Altamira e Porto de Moz e a floresta do Caxiuanã durante o período de 2001 a 2016.

Na Figura 3, temos o gráfico de umidade relativa média. Pode-se observar que em Altamira os valores mínimos e máximos registrados foram

de 75,2% (2005) e 82,9% (2013), respectivamente; para Porto de Moz, 78,4% (2015) e 85,9% (2001) e a floresta do Caxiuanã de 79,4% (2001) e 85,6%

(2010). A modificação do ambiente altera o equilíbrio termodinâmico entre a superfície e a atmosfera, modificando principalmente a relação

entre temperatura e umidade do ar (Viana e Amorim, 2008).

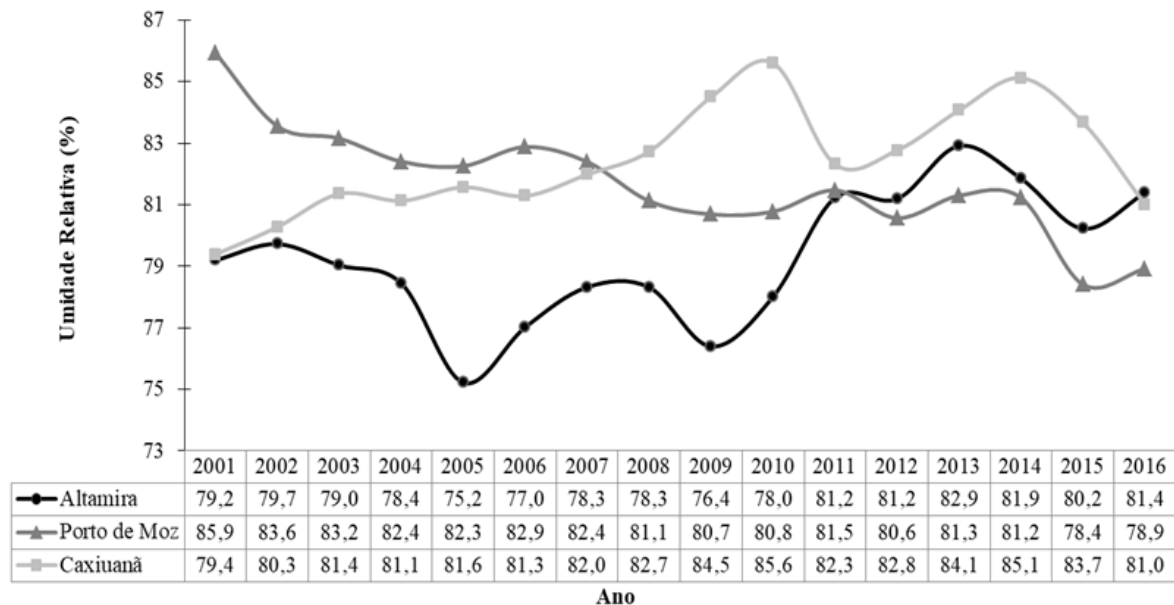


Figura 3. Gráfico de Umidade Relativa (%) observada para os municípios de Altamira e Porto de Moz e a floresta do Caxiuanã durante o período de 2001 a 2016.

Dados de desmatamento de PRODES

Observa-se que a cidade de Altamira durante o período de estudos teve uma média de temperatura de 28,4°C em contraste com a normal climatológica de 26,1°C. A umidade relativa média do ar é de 84%, sendo que no período de estudos foi 79,1%. Segundo INMET, Porto de Moz tem como normal climatológica de temperatura de 26,4°C, umidade relativa média 86,3%, e no período do estudo obtivemos 28,2°C e 81,9%,

como temperatura média e umidade relativa, respectivamente. A extensão das regiões desmatadas em km² segundo dados do PRODES para os municípios de Altamira e Porto de Moz durante o período de 2001 a 2016, está representado pelo gráfico da Figura 4, onde se observa um aumento superior a 5000 km² e 900 km² de área desmatada em Altamira e Porto de Moz, respectivamente, nesse período de 15 anos.

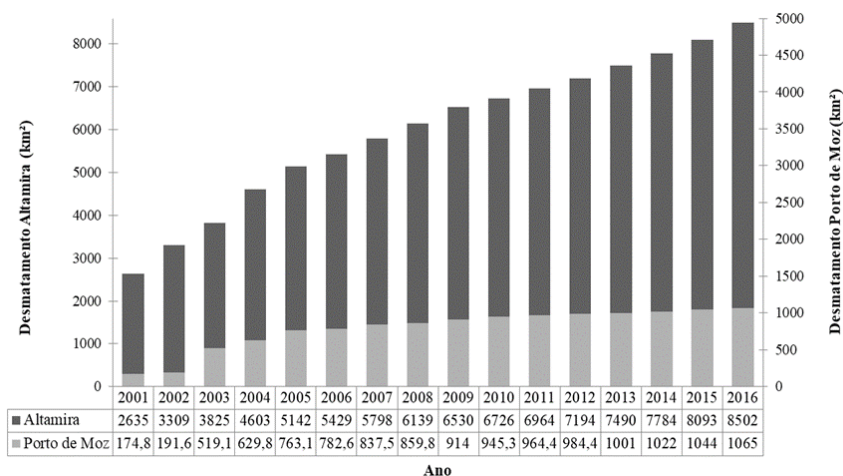


Figura 4. Gráfico de desmatamento segundo PRODES para os municípios de Altamira e Porto de Moz durante o período de 2001 a 2016.

Segundo Miranda et al., (2021) e Dos Santos Ribeiro et al., (2023) estudos apontaram focos de desmatamento em Altamira nos últimos anos, onde avançou até atingir unidades de conservação e terras indígenas. Contabilizou-se uma taxa de desmatamento de 10.000 km² entre 2000 e 2019. Os dados do Imazon (2021) expõem que os pontos de desmatamento de agosto de 2018 a dezembro de 2020 no município de Altamira se concentram, em sua maioria, em regiões caracterizadas como limite municipal, que são áreas livres de qualquer tipo de programas de conservação, podendo ser terras públicas ou privadas. Todavia, uma grande parte do desmatamento ocorreu em áreas caracterizadas como Unidade de Conservação e Terras Indígenas, o que aconselha mais fiscalizações em áreas florestais que deveriam ser livres de qualquer tipo de derrubada.

Em um trabalho realizado por Ferreira et al. (2021) o município de Altamira apresenta a partir de 2001 até 2004 um aumento de área desmatada de 17,72%, totalizando 678km². Em seguida, a área de desmatamento começa a diminuir, chegando ao seu ponto mínimo em 2010, um ano antes da construção da Usina Hidrelétrica (UHE). No ano de início das obras da UHE Belo Monte, em 2011, Altamira apresenta uma área desmatada de 229,90km², cerca de 6,94% da área total do município, segundo o INPE.

Desde a idealização de seu projeto, em 1975, a UHE de Belo Monte é tachada como uma obra polêmica, principalmente por aspectos ambientais. Por esse motivo, a fiscalização no

município foi intensificada por órgãos como o IBAMA e Ministério Público Federal. A taxa de desmatamento não é linear, existem oscilações discrepantes entre os anos de 2000 a 2019. Porém, antes das obras iniciarem, o município estava com seu menor índice de desmatamento por km² em 2010, e de 2011 a 2019, o município volta a patamares muito próximos ao de 2001, início da amostra com desmatamento em 575,4km², frente aos iniciais 575,90km² (Ferreira et al., 2021).

Em um estudo feito por Kazay (2011), sobre a influência do uso do solo e urbanização na temperatura, a observação da temperatura nas áreas onde houve transição de classe de uso de solo, mostrou que as áreas recém desflorestadas ainda sofriam bastante influência da vegetação, fazendo sua temperatura não variar muito, ao contrário das áreas urbanizadas já consolidadas. Outro estudo feito por Féres et al. (2011) onde realizaram estudos de modelos para previsão de mudanças climáticas globais e seus impactos sobre os padrões de uso do solo no Brasil, concluíram que na região Norte, as simulações sugerem que as mudanças climáticas resultarão em mudanças no uso do solo na direção de uma maior pressão por desmatamento na região Amazônica.

Uso da terra e desmatamento

Vários autores (Barros; Almeida; Vieira, 2012; Hayden; França, 2013; Silva et al., 2013) têm desenvolvido a análise do uso e ocupação da Terra utilizando técnicas de geoprocessamento e sensoriamento remoto.

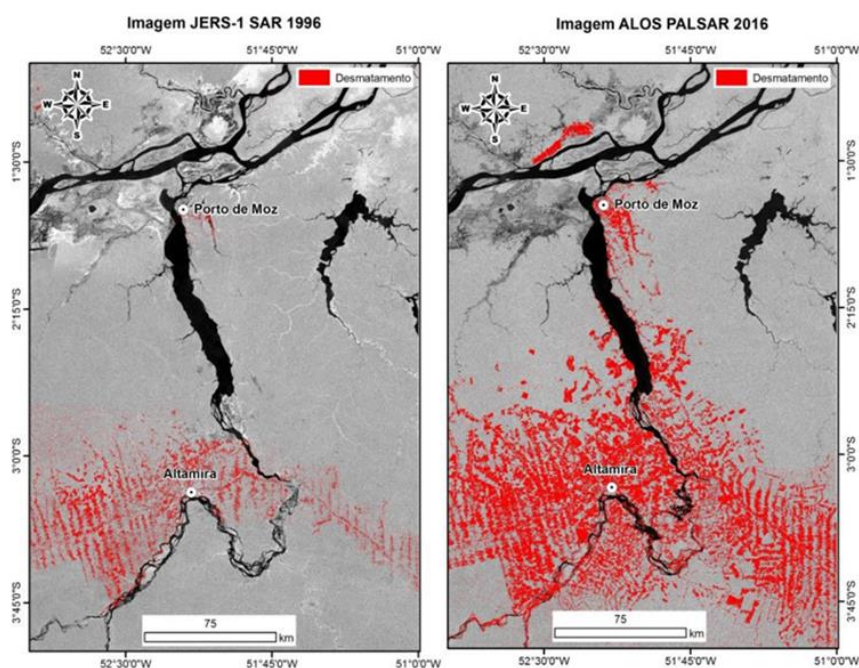


Figura 5. Imagens de radar do ano de 1996 e 2016 apresentando a área desmatada próxima a Altamira e Porto de Moz

Apesar dos produtos de sensores ópticos permitirem investigar e identificar áreas de intensa ocupação de Terra na Amazônia, alguns estudos apresentam restrições relacionadas a metodologia (Alves, 2001), como: não disponibilidade de dados para algumas regiões, cobertura de nuvens (que pode gerar um resultado referente a nuvem e não a superfície), o intervalo de tempo entre as análises, a desconsideração de erros de delineamento, o posicionamento e detecção das áreas desmatadas e a não geração de mapas com qualidade e formato

adequado para a disseminação e publicação. Por outro lado, utilizar a tecnologia de sensores remotos para o levantamento da cobertura florestal da Amazônia oferece meio único de monitorar a região a custos aceitáveis.

Fazendo-se a análise dos mapas para uso da terra, para área urbana do município de Altamira, para os anos de 1985, 1990, 1995 e 2000 (Figura 6), é perceptível o aumento de áreas de pastagens, sendo em 2000 o início do crescimento de regiões com esse tipo de uso de Terra.

Tabela 1 - Características das classes identificadas para o geoprocessamento do uso de Terra das áreas de estudo.

Classe	Características
Corpos d'água	Rios, lagos, represas, reservatórios e outros corpos d'água.
Formação Florestal	Tipos de vegetação composta por árvores altas com predomínio de dossel contínuo podendo ser ombrófila, decidual, semi-decidual ou estacional.
Infraestrutura Urbana	Áreas urbanizadas com predomínio de superfícies não vegetadas há mais de 5 anos incluindo edificações, estradas e vias.
Não Floresta	Inclui duas classes: a primeira sendo Outra Área não Vegetal que é caracterizada como classe mista que inclui áreas agrícolas em preparo, solo exposto, afloramentos rochosos, mineração e superfícies arenosas. A segunda sendo Outra Formação não Florestal , caracterizada por outras formações naturais não florestais ou formações não florestais que não foram possíveis distinguir (devido a cobertura de nuvens) de formações campestres ou áreas naturais não florestais. Inclui áreas de alagamento.
Pastagem	Áreas de pastagens, naturais ou plantadas, vinculadas a atividade agropecuária.

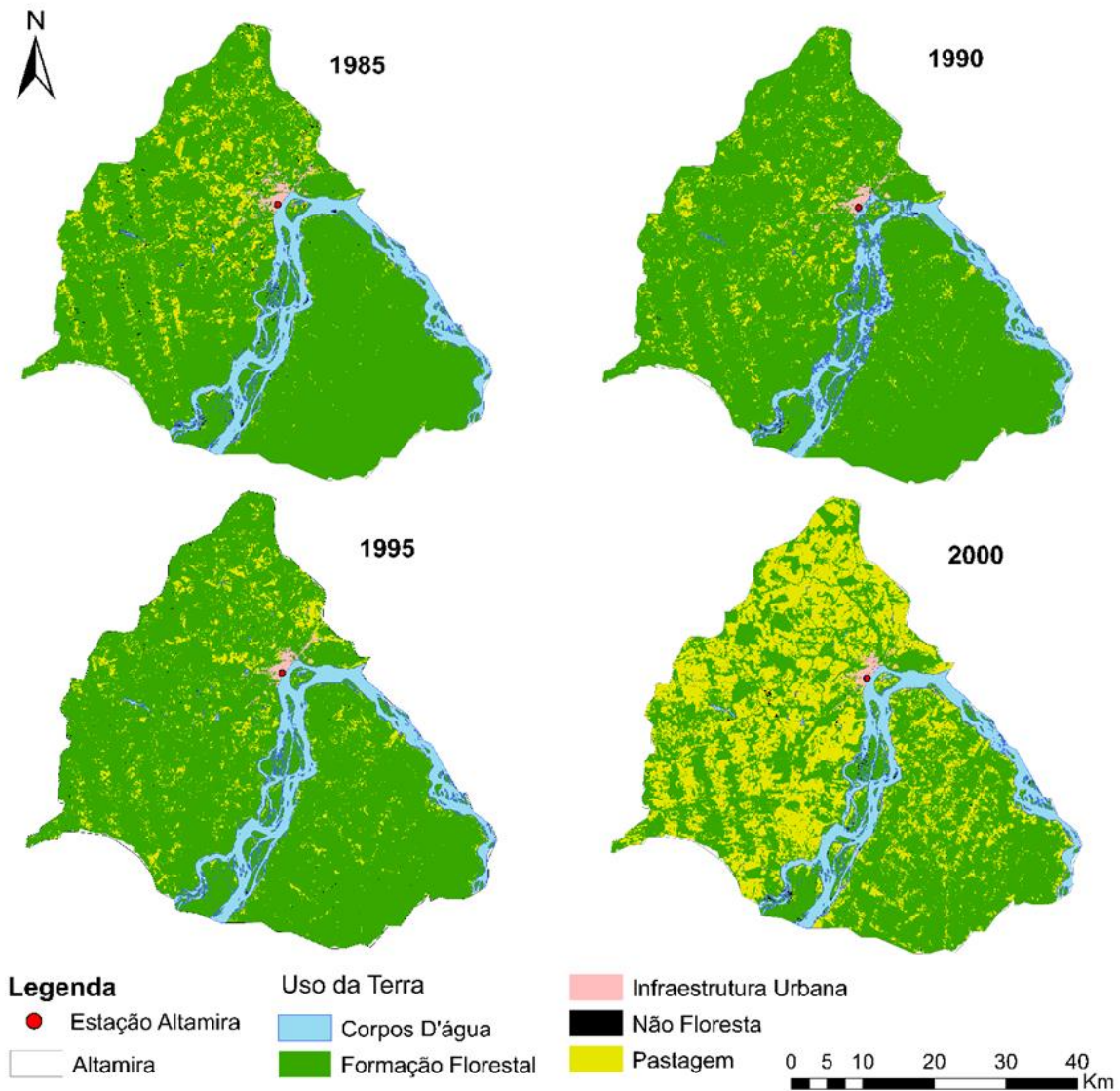


Figura 6 - Mapa de uso da terra para área urbana do Município de Altamira, para os anos de 1985,1990, 1995 e 2000, respectivamente.

Para os anos seguintes (2005, 2010, 2015 e 2017), na Figura 7, observou-se esse aumento recorrente das áreas com pastos, e ao entorno da estação o crescimento contínuo da infraestrutura urbana. Segundo Miranda Neto (2018), o período que se estende de 2000 a 2010 foi o momento de consolidação do povoamento na região. O aumento das áreas de pastagens pode ser, entre outros aspectos, o resultado do aumento populacional que segundo dados estatísticos do IBGE (2013) entre

2000 e 2010, a população urbana passou de 62 mil para 84 mil pessoas e a taxa de crescimento registrada foi de 3%. Assim Altamira apresenta padrões variáveis de urbanização em termos de infraestrutura urbana e condições das edificações (Hirye et al., 2014). De forma geral, o crescimento das cidades tem colaborado para a ocorrência de transformações climáticas em nível local, notadamente no aumento da temperatura do ar e diminuição da umidade relativa (Uchôa, 2011).

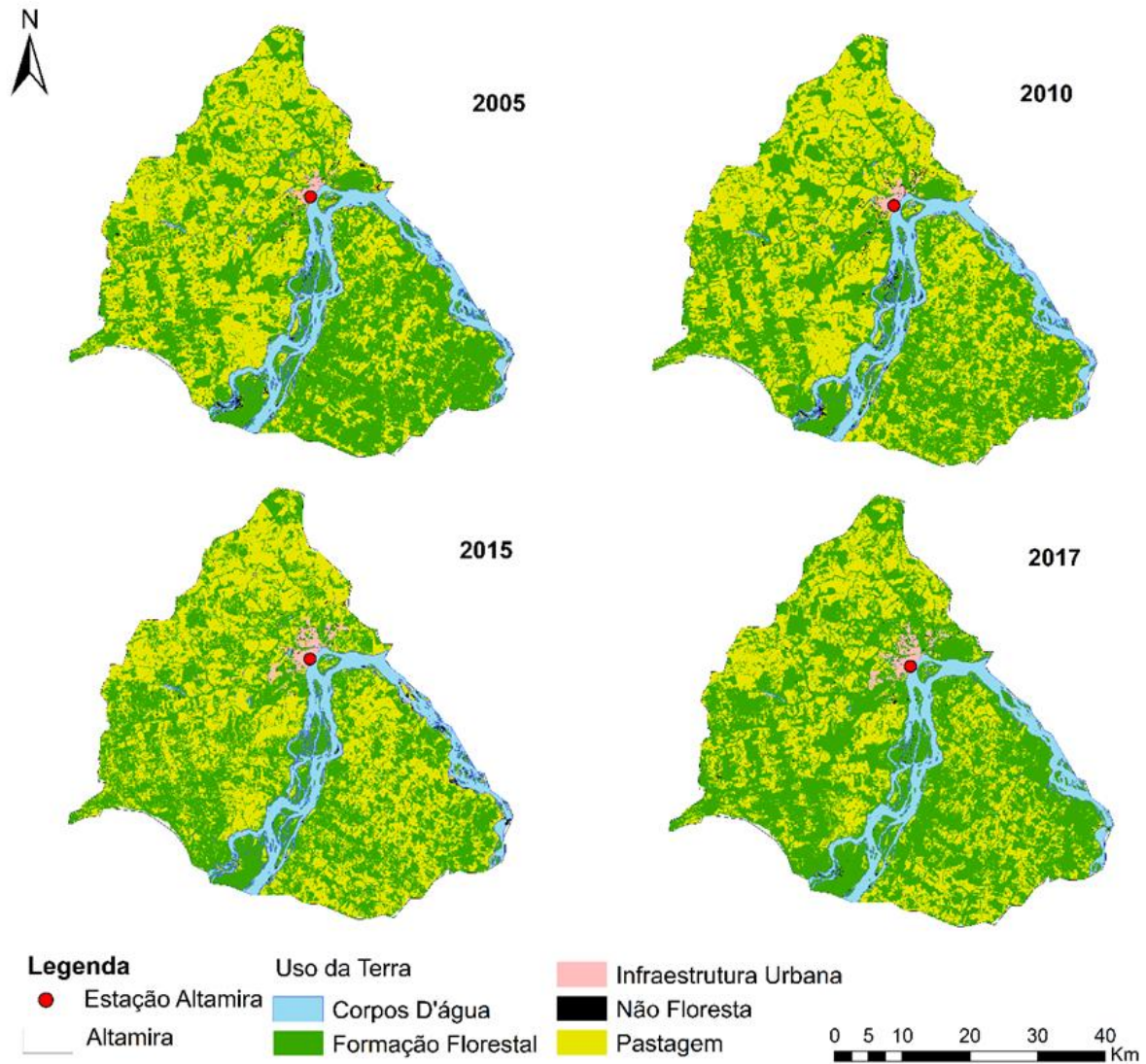


Figura 7. Mapa de uso da terra para área urbana do Município de Altamira, para os anos de 2005, 2010, 2015 e 2017, respectivamente.

Na Figura 8, o geoprocessamento para o uso da terra na área urbana de Altamira, mostra de forma mais evidente que o aumento de área urbanizada de 1985 para 2017 foi acentuado ao entorno da estação de onde são provenientes os dados de temperatura e umidade relativa (INMET).

Em outras áreas do município também se observa o aumento de áreas com pastagem. É importante destacar que o município de Altamira não está representada de forma integral, somente a área mais próxima a estação, devido a sua extensão .

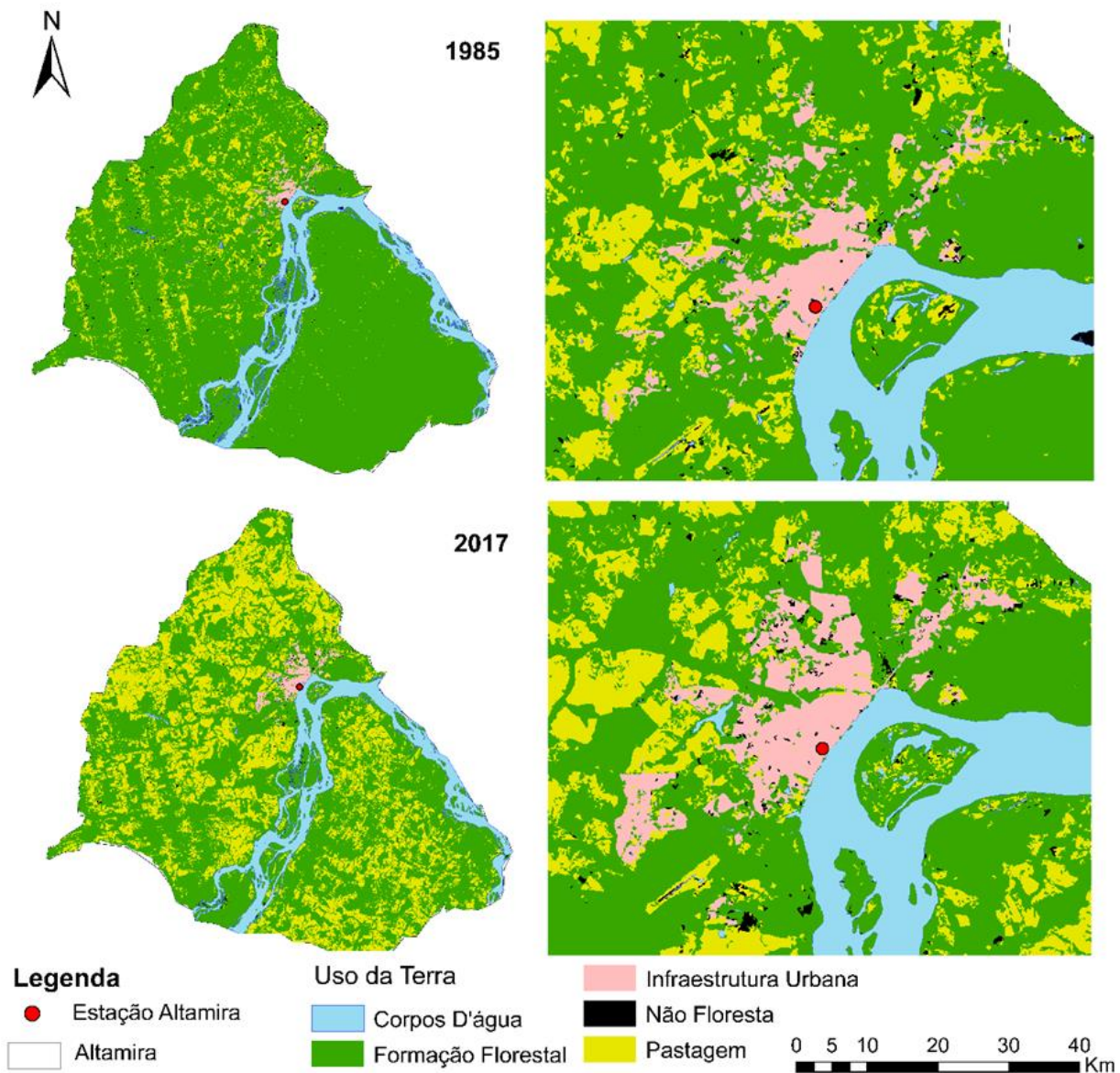


Figura 8. Mapa de uso da terra para área urbana do Município de Altamira, para os anos de 1985 e 2017, respectivamente.

Ao fazer a análise das figuras 9 (anos de 1985, 1990, 1995, 2000) e figura 10 (2005, 2010, 2015 e 2017), observa-se o aparecimento de áreas de pastagens no ano de 2000 aumentando sua extensão aproximadamente até o ano de 2010, quando essa extensão passa a ter um certo declínio. É possível ainda observar o aumento das áreas que foram classificadas como “Não Floresta”, que segundo classificação do MapBiomas pode ter várias características, entretanto, seguindo o padrão deste solo, percebe-se nessa região o aumento de áreas classificadas como corpos

d'água, sendo possível inferir que são regiões de alagamento. Porto de Moz apresentou não só um aumento de temperatura média menos intenso do que Altamira, mas também áreas de pastos e infraestrutura urbana inferior e menos acentuada. Em comparação com os dados de superfícies das estações, observamos a variação na temperatura de acordo com o tipo de uso da terra: com o aumento das atividades antrópicas na retirada de cobertura vegetal para criação de pastos e expansão das cidades, o subsequente aumento na temperatura média.

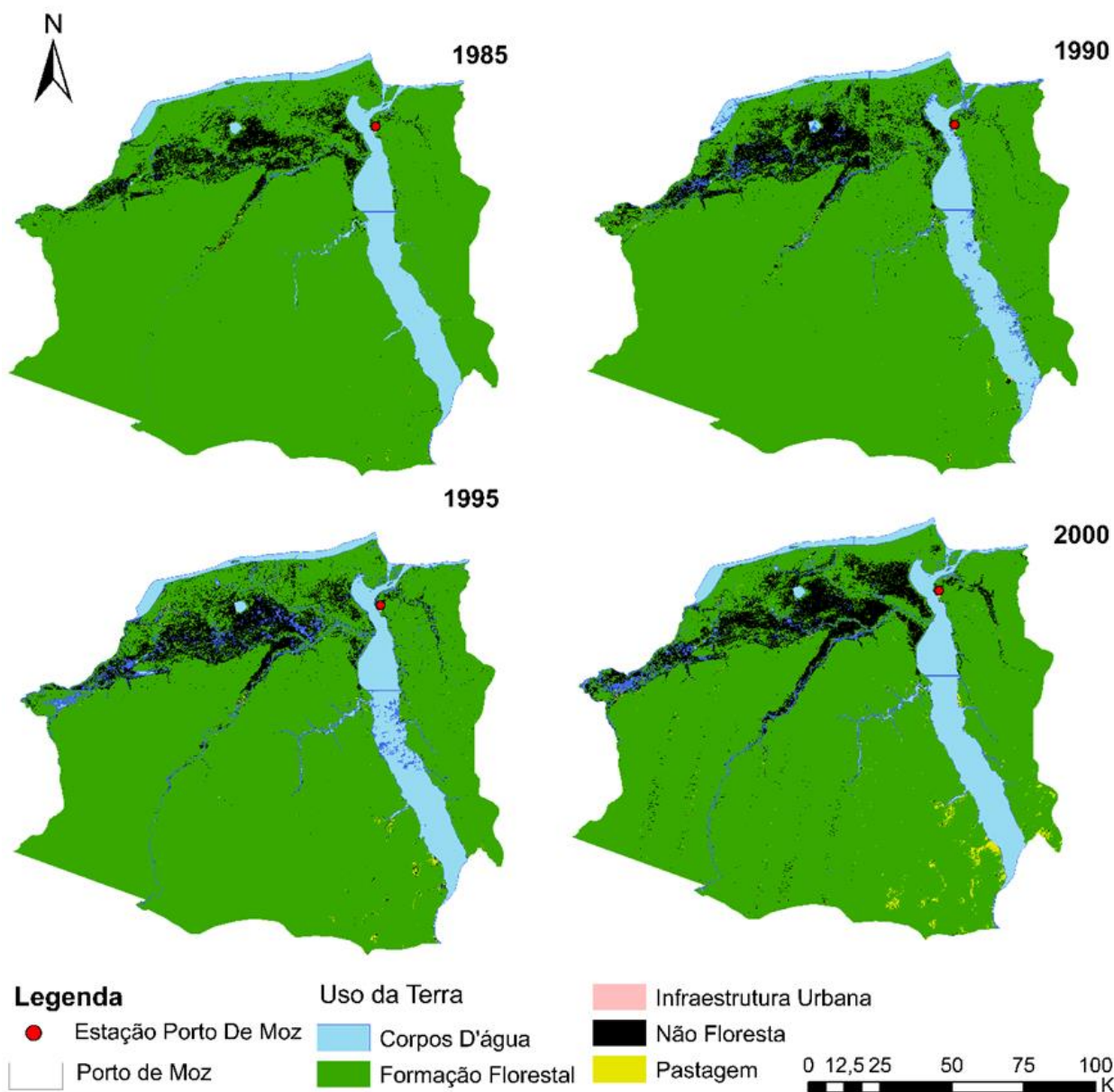


Figura 9. Mapa de uso da terra para o Município de Porto de Moz, para os anos de 1985, 1990, 1995 e 2000, respectivamente.

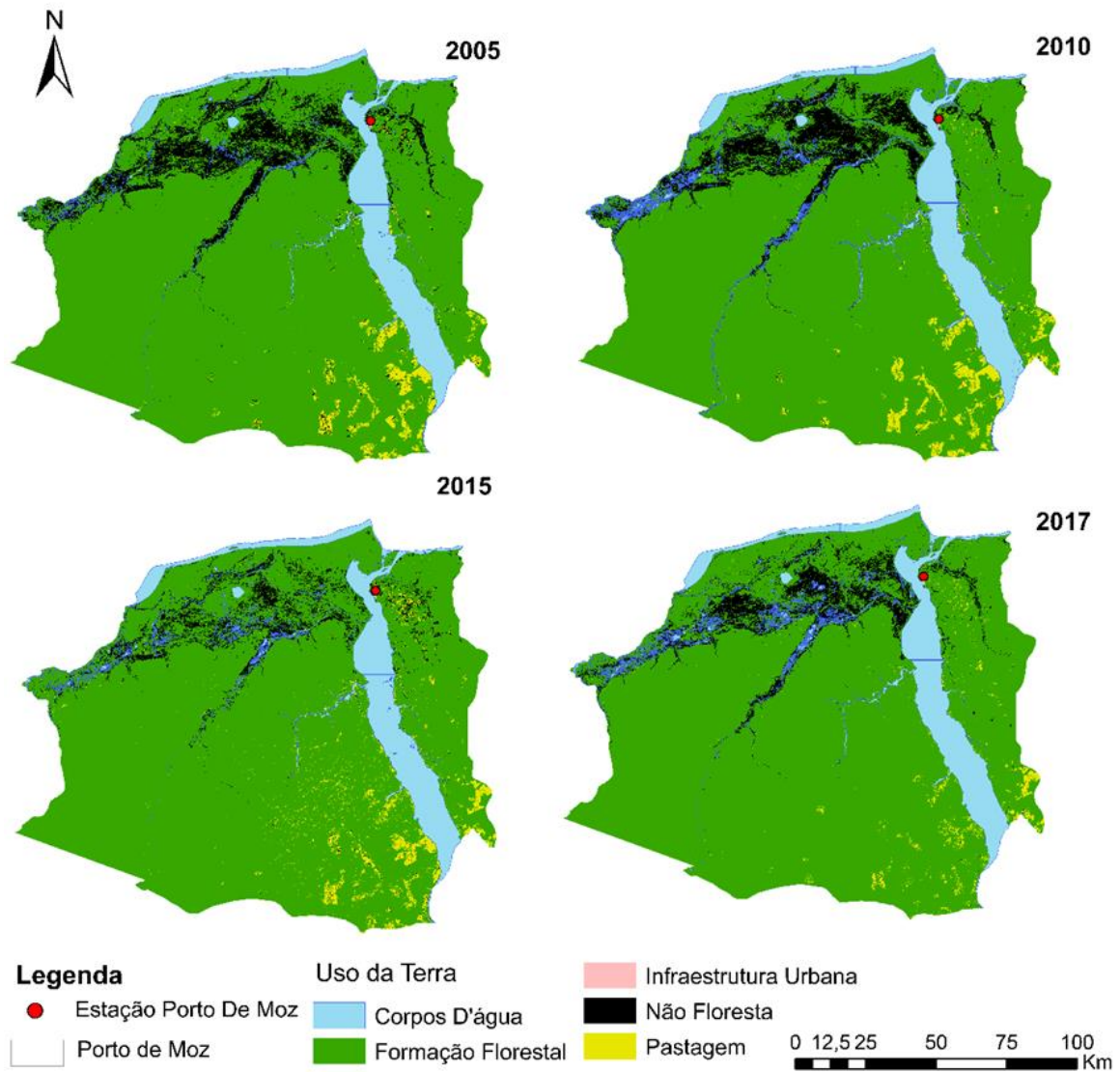


Figura 10. Mapa de uso da terra para o Município de Porto de Moz, para os anos de 2005, 2010, 2015 e 2017, respectivamente.

Na Figura 11, o mapa de uso da terra para o município de Porto de Moz, mostra em geral um aumento em áreas de pastos de 1985 para 2017 em

conjunto com o aumento de áreas urbanizadas, na região próxima à estação.

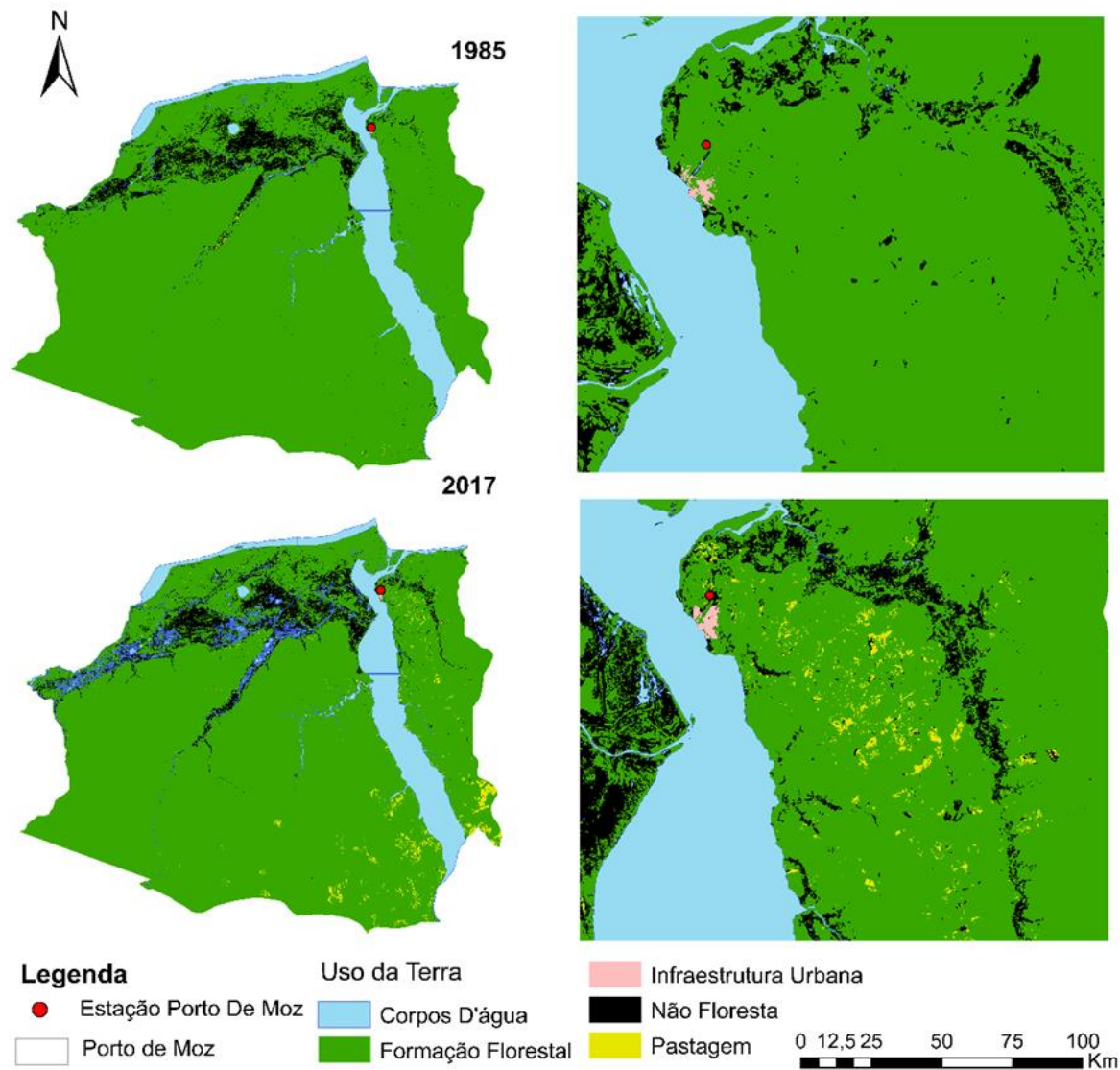


Figura 11. Mapa de uso da terra o Município de Porto de Moz, para os anos de 1985 e 2017, respectivamente.

O desmatamento e o uso da terra na bacia amazônica atingiram uma área de 600.000 km², que é aproximadamente 15% da área total da floresta original, com uma taxa média de 17.000 km²ano⁻¹ no período 1988-2010 (INPE, 2010). Os resultados para o teste estatístico tiveram 95% de confiança e demonstraram, que todas as regiões possuem uma tendência positiva na média de temperatura, ou seja, em um certo período do tempo a temperatura média foi alterada, tendo um acréscimo de 1,03C°, 1,85C° e 0,8C°, para Porto de Moz, Altamira e para a Floresta de Caxiuanã, respectivamente. Tais

resultados podem ser utilizados como um indicador de alterações climáticas, haja visto que todas as áreas de estudo tiveram um aumento na temperatura, porém, as regiões onde a dinâmica de uso da terra é mais intensificada, houve um aumento mais significativo da temperatura. A partir do teste de Mann-Kandall gerou-se os gráficos para os municípios de Altamira, Porto de Moz e a floresta de Caxiuanã apresentados na Figura 8-a, 8-b e 8-c, respectivamente e foi observado que em todas as series há tendência de crescimento na temperatura média do ar.

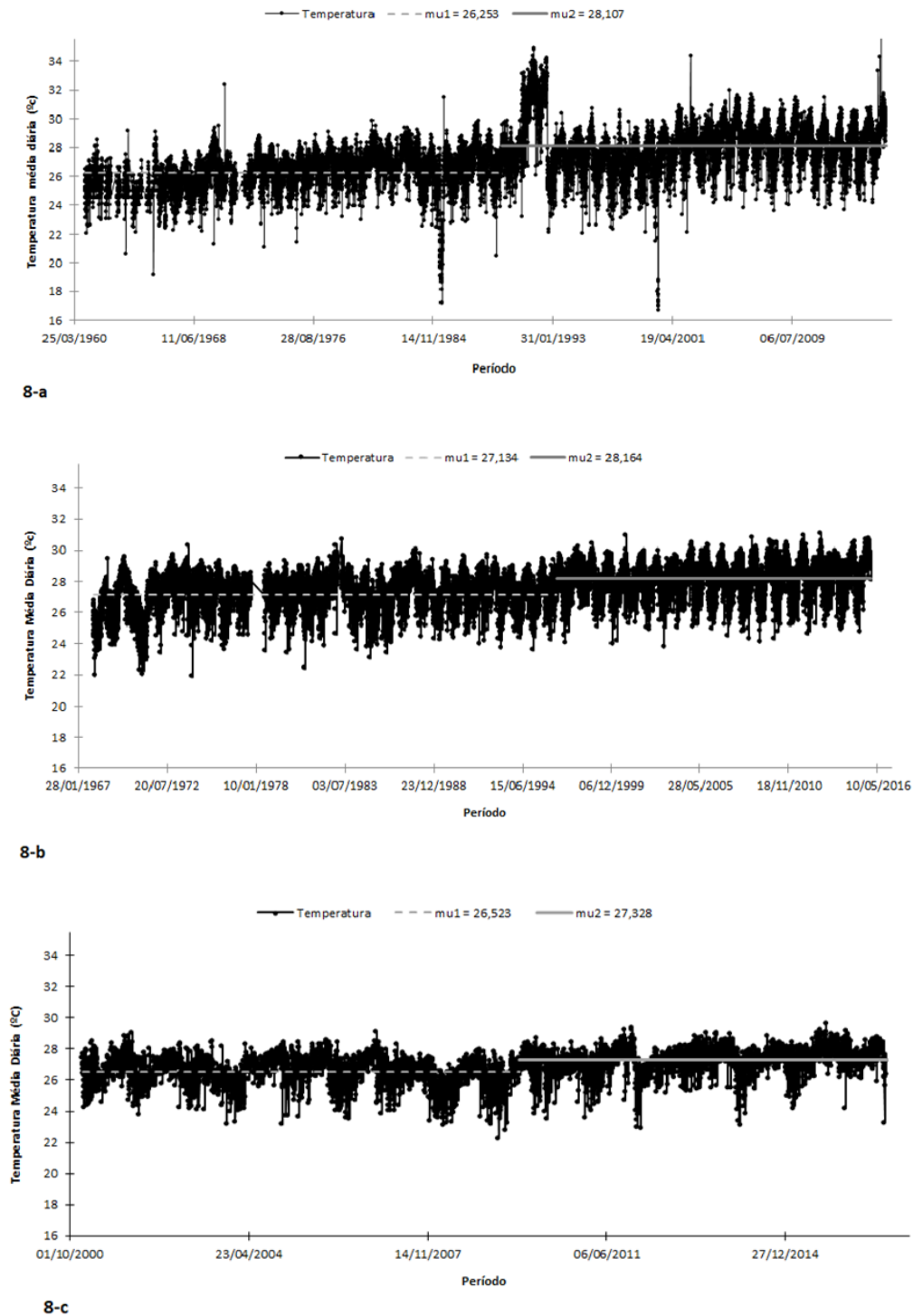


Figura 12. Série temporal de Temperatura do ar e mudança na série (A: altamira; B: Porto de Moz e C: Floresta nacional de Caxiuanã).

Analisando o teste de Monte Carlos para Altamira, observou-se que a temperatura média do ar (μ_1) foi de 26,3°C no primeiro período da série (1962 a 1989), havendo então uma “quebra” na média, alterando então para 28,1°C no período de 1989 a 2015 (μ_2). Um acréscimo de 1,8°C. Já para o município de Porto de Moz, do período de 1968 a 2015, a média variou 1,1°C, aumentando de 27,1°C (μ_1) nos anos de 1968 a 1996, para

28,2°C (μ_2) de 1996 a 2015. A floresta teve o menor aumento, com (μ_1) de 26,5°C e (μ_2) de 27,3°C, variando 0,8°C sendo (μ_1) entre de 2001 a 2009 e (μ_2) entre 2009 a 2017.

Sendo assim, verifica-se que o aumento de temperatura existe mesmo em áreas com preservação do uso de terra, por isso as mudanças climáticas devem se tornar um importante elemento analítico para a organização e o

planejamento territorial e ambiental, devido ao alto grau de interferência, impacto e repercussão no tempo e no espaço (Costa et al., 2012). A maior quantidade de vegetação implica na mudança do balanço de energia, devido à necessidade de as plantas absorverem a radiação solar em função de seus processos biofísicos (Lombardo, 1985). De um modo geral, as áreas naturais ou agrícolas próximas à cidade perdem mais calor por meio do resfriamento evaporativo (Assis, 2008). Lima (2022) enfatiza que melhorar o microclima urbano por meio do aumento da cobertura vegetal promove benefícios para os serviços ecossistêmicos, qualidade da paisagem urbana e bem-estar da sociedade. Porém, investir no resfriamento vegetativo provoca na criação de condições para o desenvolvimento adequado da vegetação, como os cuidados com o solo, acesso à água e nutrientes e ações de manutenção. Ademais, deve-se ponderar o tempo para crescimento arbóreo necessário para o efeito de sombreamento.

Conclusões

Feita a análise da teoria de que alterações na dinâmica de uso do solo podem ter um impacto significativo nas variáveis meteorológicas e consequentemente no clima, na região do sudoeste do Pará, mais especificamente entre Altamira e Porto de Moz foi possível concluir que durante os anos existe um significativo aumento de temperatura, também em regiões de características de preservação na vegetação, como Caxiuanã, isso pode ser devido a fatores de escalas sinóticas e até globais. No entanto, nos dois primeiros municípios que possuem extensas áreas de pastos e urbanização (ação antrópica) esse aumento é maior, o que se infere que alterando as características naturais do solo influencie no comportamento dessa variável. As mudanças na dinâmica de uso do solo provocam mudanças no balanço de energia, ou seja, onde há menos vegetação, a energia disponível para os processos de evaporação e transpiração (calor latente) diminui, aumentando, por outro lado, a energia disponível para o aquecimento (calor sensível) da superfície e como consequência o aumento na temperatura do ar. Dessa forma o presente trabalho ratifica a literatura e expõem que a ação antrópica e alteração do solo podem vir a ser fatores que causam impactos negativos para o meio ambiente e para os seres vivos, consequentemente. É visto que, existe diferença na variável meteorológica estudada (temperatura).

Sendo assim, é válido destacar que apesar de inúmeras ferramentas para a realização do estudo houve dificuldades para aquisição de dados

para a região de preservação, com uma série relativamente pequena. Dessa forma se faz necessário a ampliação no banco de dados dessa natureza para que estudos nessa área sejam recorrentes, para períodos maiores e regiões mais extensas.

Agradecimentos

Os autores agradecem ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico pelo auxílio financeiro junto ao Edital de número 14/2011, processo nº: 483223/2011-5, à Embrapa Semiárido, e a Universidade Federal Viçosa - UFV.

Referências

- Ahmad, I., Tang, D., Wang Wang, T., Wang, M., Wagan, B., 2015. Precipitation Trends over Time Using Mann-Kendall and Spearman's rho Tests in Swat River Basin, Pakistan. *Advances in Meteorology* [online], 2015. Disponível: <https://www.hindawi.com/journals/amete/2015/431860/>. Acesso em: 25 jun. 2022. DOI: <https://doi.org/10.1155/2015/431860>.
- Aleixo, N. C. R., Filho, L. da S. A., 2022. Tendências climáticas em Coari-AM. *Revista Brasileira de Geografia Física* [online], 15. Disponível: <https://periodicos.ufpe.br/revistas/rbgfe/article/viewFile/254142/41876>. Acesso em: 25 abr. 2023.
- Alves, D. S., 2001. O processo de desflorestamento na Amazônia. *Parcerias Estratégicas* 6, 259-275.
- Assis, E. S., 2008. Aplicações da climatologia urbana no planejamento da cidade: revisão dos estudos brasileiros. *Revista de Urbanismo e Arquitetura* [online] 7. Disponível: <https://periodicos.ufba.br/index.php/rua/article/view/3149>. Acesso em: 16 jul. 2018.
- Barros, M. N. R., Almeida, A. S., Vieira, I. C. G., 2012. Análise especial da dinâmica do uso da terra e cobertura vegetal do Município de Mãe do Rio, Estado do Pará. *Encontro Nacional Da Anppas* 6.
- Costa, A. O., Salgado, C. M., Dinali, Y. T., 2012. Caracterização da precipitação no médio vale do Rio Paraíba do Sul Fluminense (RJ). *Revista Geonorte* 3, 1000-1013.
- Drumond, R. M., 2023. O que as fronteiras da Amazônia Legal nos contam sobre as diferenças de desmatamento entre estados. Tese (Doutorado). São Paulo, FGV.
- Da Silva Cruz, J., Blanco, C. J. C., & de Oliveira Júnior, J. F., 2022. Modeling of land use and land cover change dynamics for future projection of the Amazon number curve. *Science of the total environment* [online] 811.

- Disponível:
<https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0048969721074258>. Acesso em: 25 abr. 2023. DOI:
<https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2021.152348>.
- Dos Santos Ribeiro, P., Gomes, D. J. C., de Souza, E. B., Menezes, M. M., Nascimento, J. C. S. D. N., da Silva Oliveira, M. R., do Carmo, M., 2023. Influência do desmatamento na temperatura do ar. *Revista Brasileira de Geografia Física* 16, 165-176.
- D'almeida, C., Vörösmarty, C. J., Hurtt, G. C; Marengo, J.A., Dingman, S. L., Keim, B.D., 2007. The effects of deforestation on the hydrological cycle in Amazonia: a review on scale and resolution. *International Journal of Climatology* 27, 633-647.
- Fernandes, A. C. G. et al, 2022. O uso do teste de mann-kendall para detecção de tendência da precipitação em região semiárida pernambucana. *Research, Society and Development* [online] 11. Disponível: <https://rsdjournal.org/index.php/rsd/article/view/33925>. Acesso em: 25 abr. 2023. DOI: <https://doi.org/10.33448/rsd-v11i11.33925>.
- Ferreira, A. S. et al., 2021. Impactos de um empreendimento de grande porte em uma região pouco desenvolvida: a construção da usina hidrelétrica de Belo Monte no Município de Altamira.
- Féres, J.G., Reis, E. J., Speranza, J. S., 2011. Mudanças Climáticas Globais e Seus Impactos Sobre o Uso do Solo no Brasil. In: ENCONTRO NACIONAL DE ECONOMIA, 37, 2009, Paraná. Anais [...]. Paraná: ANPEC.
- Gatti, L. V. et al., 2021. Amazonia as a carbon source linked to deforestation and climate change. *Nature* [online] 595. Disponível: <https://www.nature.com/articles/s41586-021-03629-6>. Acesso em 25 abr. 2023. DOI: <https://doi.org/10.1038/s41586-021-03629-6>.
- Gonçalves, M. R. M., 2011. Tensões, uso e a apropriação da terra no Xingu: o caso da RESEX “Verde para Sempre”, Porto de Moz/PA. Dissertação (Mestrado). Belém, UFPA.
- Hayden, D. A., França, C.F. de, 2013. Dinâmica do uso e ocupação do solo no município de Igarapé-Açu/Pará, entre 1989 e 2008. *Revista Perspectiva Geográfica* 8.
- Hirye, M. C. De M., Alves, D., Kux, H., 2015. Mapeamento da cobertura da terra na cidade de altamira (PA) em 2000 e 2010, com a utilização do modelo linear de mistura espectral de imagens do sensor TM. *Revista Brasileira de Cartografia* 67, 157-168.
- Imazon. ImazonGeo, 2021. Geoinformação sobre a Amazônia. Disponível em: <https://imazongeo.org.br/#/>.
- Instituto Brasileiro de Geografia E Estatística, 2008. Cidades.
- Instituto Brasileiro de Geografia E Estatística, 2010. Cidades.
- Instituto Brasileiro de Geografia E Estatística, 2013. Cidades.
- Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, 2010. Monitoramento da Floresta Amazônica Brasileira por Satélite 2008-2009. São José dos Campos.
- Kemp, L., et al., 2022. Climate Endgame: Exploring catastrophic climate change scenarios. *Proceedings of the National Academy of Sciences* [online] 119. Disponível: <https://www.pnas.org/doi/abs/10.1073/pnas.2108146119>. Acesso em: 25 abr. 2023. DOI: <https://doi.org/10.1073/pnas.2108146119>.
- Kampel, S. A., Câmara, G., Monteiro, A. M. V., INPE, 2001. Configurações espaciais do processo de desflorestamento da Amazônia. Disponível: https://www.researchgate.net/profile/Silvana-Amaral-2/publication/267217630_Configuracoes_Espaciais_do_Processo_de_Desflorestamento_da_Amazonia/links/587cb00a08ae4445c06a6dde/Configuracoes-Espaciais-do-Processo-de-Desflorestamento-da-Amazonia.pdf. Acesso em: 25 nov. 2018.
- Kazay, D. F., 2011. Mudança no uso e cobertura do solo e sua influência na temperatura de superfície: um estudo na Região Metropolitana do Rio de Janeiro. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO, 15, Curitiba. Anais [...], p. 752-759.
- Kendall, M. G., 1975. Rank correlation measures, 4 ed. U.K: Charles Griffin, London.
- Kintisch, E., 2007. Improved Monitoring of Rainforests Helps Pierce Haze of deforestation. *Science* [online] 316. Disponível: <https://www.science.org/doi/full/10.1126/science.316.5824.536>. Acesso em: 25 nov. 2018. DOI: 10.1126/science.316.5824.536.
- Lehmann, E. L., 1975. Non parametrics, Statistical Methods Based on Ranks, Holden-Day, San Francisco.
- Lima, A. P., 2022. Temperatura de superfície e dimensão social na gênese do clima urbano de Presidente Prudente-SP. Tese (Doutorado). Presidente Prudente, UNESP.
- Liu, P. R., Raftery, A. E., 2021. Country-based rate of emissions reductions should increase by 80% beyond nationally determined contributions to meet the 2 C target. *Communications earth &*

- environment, [online] 2. Disponível: <https://www.nature.com/articles/s43247-021-00097-8>. Acesso em: 25 abr. 2023. DOI: <https://doi.org/10.1038/s43247-021-00097-8>.
- Lombardo, M. A., 1985. Ilha de Calor nas metrópoles: o exemplo de São Paulo. São Paulo: Editora Hucitec; Lalekla S.A. Comércio e Indústria (edição única).
- Mann, H. B., 1945. Non-parametric test against trend. *Econometrika* 13, 245-259.
- Marengo, J.A., Nobre, C.A., 2009. Clima da Região Amazônica, in: Cavalcanti, I.F.A., Ferreira, N.J., Silva, M.G.A.J., Dias, M.A.F.S. (Org.), *Tempo e clima no Brasil*. Editora Oficina de Textos, São Paulo, pp. 197-214.
- Marengo, J. A., Valverde, M. C., 2007. Caracterização do clima no Século XX e Cenário de Mudanças de clima para o Brasil no Século XXI usando os modelos do IPCC-AR4. *Revista Multiciência* 8, 5-28.
- Miranda, R. S., Nogueira, L. R., Rodrigues, M. S., Alves, A. M., Costa, M. S., Amador, M. F., 2021. Análise do desmatamento nos períodos de 2016 a 2020 na mesorregião sudeste paraense. *Revista Ibero-Americana de Humanidades, Ciências e Educação* [online] 7. Disponível: <https://www.periodicorease.pro.br/rease/article/view/1209>. Acesso em: 20 abr. 2023. DOI: <https://doi.org/10.51891/rease.v7i5.1209>.
- Miranda Neto, J. Q., Herrera, J. A., 2018. Expansão urbana recente em Altamira (PA): novas tendências de crescimento a partir da instalação da UHE Belo Monte. *Ateliê Geográfico* 11, 34-52.
- Moraes, E. C., Franchito, S. H., Rao, V. B., 2013. Amazonian Deforestation: impact of global warming on the energy balance and climate. *Journal of Applied Meteorology and Climatology* [online] 52. Disponível: <https://journals.ametsoc.org/view/journals/apmc/52/3/jamc-d-11-0258.1.xml>. Acesso em: 05 jul. 2018. DOI: <https://doi.org/10.1175/JAMC-D-11-0258.1>.
- Moura, A. R., Ribeiro, J. C., 2009. Altamira no contexto geográfico. Belém: Ed. do Autor.
- Nobre, C.A., 2001. Amazônia: fonte ou sumidouro de carbono?. In: *Causas e dinâmica do desmatamento na Amazônia*. Ministério do Meio Ambiente, 197-224.
- Nobre, C. A., Sampaio, G., Salazar, L., 2007. Mudanças climáticas e Amazônia. *Ciência e Cultura* [online] 59. Disponível: http://cienciaecultura.bvs.br/scielo.php?pid=S009-67252007000300012&script=sci_arttext&tlng=en 22-27. Acesso em: 05 jul. 2018.
- Marengo, J.A., Jimenez, J.C., Espinoza, J.C.; Cunha, A.P.; Aragão, L.E.O. 2022. Increased climate pressure on the agricultural frontier in the eastern Amazonia – Cerrado transition zone. *Scientific Reports* [online] 12. Disponível: <https://www.nature.com/articles/s41598-021-04241-4>. Acesso em: 24 abr. 2023. <https://doi.org/10.1038/s41598-021-04241-4>.
- Pará (Governo), 2007. Secretaria Executiva de Estado de Planejamento, Orçamento e Finanças. Diretoria de Pesquisas de Informações Sócio-Econômicas. Estatística municipal: Porto de Moz. Belém, PA. 41.
- Penreiro, J. C., Ferreira, D. H. L., 2012. Testes estatísticos e questões ambientais no ensino de engenharia: uma aplicação em climatologia. *Revista de Ensino de Engenharia* [online] 31. Disponível: <http://revista.educacao.ws/revista/index.php/abenge/article/view/126>. Acesso em: 05 jul. 2018.
- Pereira, G., Silva, M. E. S., Moraes, C. E., 2012. Análise da variabilidade trimestral e decadal ocasionadas pela alteração dos parâmetros físicos da superfície. *Revista Formação* [online] 2. Disponível: <https://repositorio.usp.br/item/002698821>. Acesso em: 05 jul. 2018.
- Pettitt, A. N., 1979. A non-parametric approach to change point problem. *Journal of the Royal Statistical Society: Series C (Applied Statistics)* [online] 28. Disponível: <https://rss.onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.2307/2346729>. Acesso em: 05 jul. 2018. DOI: <https://doi.org/10.2307/2346729>.
- Pielke, R. A., Avissar, R., Raupach, M., Dolman, A. J., Zeng, X., Denning, A. S., 1998. Interactions between the atmosphere and terrestrial ecosystems: Influence on weather and climate. *Global Change Biology* [online] 4. Disponível: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.1046/j.1365-2486.1998.t01-1-00176.x>. Acesso em: 16 out. 2022. DOI: <https://doi.org/10.1046/j.1365-2486.1998.t01-1-00176.x>.
- Prefeitura De Altamira, 2018. Símbolo. História. Altamira.
- Queiroz, M. A., 2013. Avaliação de tendências em séries de precipitação diária máxima anual na faixa central do estado de Minas Gerais. Dissertação (Mestrado). Belo Horizonte, UFMG.
- Que Funciona, O. 2021. Políticas Públicas para Proteção da Floresta Amazônica. Disponível: <https://amazonia2030.org.br/wp-content/uploads/2021/07/REL-AMZ2030->

- Protecao-Florestal-3.pdf. Acesso em: 25 abr. 2023.
- Rocha, V. M., Correia, F. W. S., Satyamurty, P., de Freitas, S. R., Moreira, D. S., da Silva, P. R. T., & Fialho, E. S., 2014. Impacts of land cover and greenhouse gas (ghg) concentration changes on the hydrological cycle in Amazon Basin: a regional climate model study. *Revista Brasileira de Climatologia* [online] 15. Disponível: <https://ojs.ufgd.edu.br/index.php/rbclima/article/view/13785>. Acesso em: 05 jul. 2018. DOI: <https://doi.org/10.5380/abclima.v15i0.36386>.
- Sanches, F. O., Verdum, R., Fisch, G., 2013. Estudo de tendência de chuvas de longo prazo. *Ambiente & Água* [online] 8. Disponível: <https://www.scielo.br/j/ambiagua/a/gbC9CdGTsxkxNbR9HCbjzg/abstract/?lang=pt>. Acesso em: 05 jul. 2018. DOI: <https://doi.org/10.4136/ambi-agua.1168>.
- Serrão, E. A. D. O., 2022. Impactos das mudanças climáticas e do uso da terra na produção hidrelétrica na Amazônia Oriental. Tese (Doutorado). Campina Grande, UFCG.
- Shadmani, M., Marofi, S., Roknian, M., 2012. Trend analysis in reference evapotranspiration using Mann-Kendall and Spearman's Rho tests in arid regions of Iran. *Water resources management* [online] 26. Disponível: <https://link.springer.com/article/10.1007/s11269-011-9913-z>. Acesso em: 05 jul. 2018. DOI: <https://doi.org/10.1007/s11269-011-9913-z>.
- Sharkey, P., Killick, R., 2014. Nonparametric Methods for Online Change point Detection. Lancaster University, Lancaster, UK.
- Silva, C. S., Augusto, S. G., Andrade, A. U., 2009. Caracterização agrometeorológica de Altamira, PA. In.. *Semana De Integração Das Ciências Agrárias*, 9. Altamira, 148-154.
- Silva, L. G. T., Valente, M. A., Watrin, O. D. S., De Oliveira, R. R. S., Pimentel, G. M., 2013. Mapeamento de solos em duas mesobacias hidrográficas no Nordeste Paraense. Disponível: <https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/infoteca/handle/doc/979496>. Acesso em: 05 jul. 2018.
- Sneyers, R., 1990. On the statistical analysis of series of observations, Technical Note 143, WMO no. 415, World Meteorological Organization.
- Uchôa, P. W. de S., 2011. Estudo de variações termo-higrométricas de cidade equatorial devido ao processo de urbanização: o caso de Santarém-PA. Dissertação (Mestrado). Santarém, UFOPA.
- Uliana, E. M. et al., 2015. Análise de tendência em séries históricas de vazão e precipitação: uso de teste estatístico não paramétrico. *Revista Ambiente & Água* [online] 10. Disponível: <https://www.scielo.br/j/ambiagua/a/kFNsQdkD3GrdbYkK6FFpg8S/abstract/?lang=pt>. Acesso em: 05 jul. 2018. DOI: <https://doi.org/10.4136/ambi-agua.1427>.
- Viana, S. S. M., Amorim, M. C., 2008. Caracterização do clima urbano em Teodoro Sampaio/SP: uma introdução. *Sociedade & Natureza* [online] 20. Disponível: <https://www.scielo.br/j/sn/a/tZvD5p54J6fDCHcHkcYyWPM/abstract/?lang=pt>. Acesso em: 05 jul. 2018. DOI: <https://doi.org/10.1590/S1982-45132008000200002>.
- Wang, W., Van Gelder, P. H. A. J. M., Vrijling, J. K., 2005. Trend and stationarity analysis for stream flow processes of rivers, in *Proceedings: IWA International Conference on Water Economics, Statistics, and Finance Rethymno, Greece (Vol. 810)*. London: IWA.
- Yue S., Pilon P., Cavadias G., 2002. Power of the Mann-Kendall and Spearman's rho tests for detecting monotonic trends in hydrological series. *Journal of Hydrology* [online] 259. Disponível: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0022169401005947>. Acesso em: 05 jul. 2018. DOI: [https://doi.org/10.1016/S0022-1694\(01\)00594-7](https://doi.org/10.1016/S0022-1694(01)00594-7).
- Zhang, Y. et al., 2015. Analysis of Changes in Precipitation and Drought in Aksu River Basin, Northwest China. *Advances in Meteorology* [online] 2015. Disponível: <https://www.hindawi.com/journals/amete/2015/215840/>. Acesso em: 05 jul. 2018. DOI: <https://doi.org/10.1155/2015/215840>.