



Mapeamento bibliométrico e revisão sistemática da aplicação dos dados de sensoriamento remoto de luz noturna

Bibliometric mapping and systematic review of nighttime light remote sensing data applications

Filipe Dias*✉; Fernando Shinji Kawakubo✉

Laboratório de Aerofotogeografia e Sensoriamento Remoto, Departamento de Geografia, Faculdade de Filosofia, Letras e Ciências Humanas, Universidade de São Paulo, São Paulo, SP, Brasil.

E-mail: fsk@usp.br

*Email para correspondência: fgdias@usp.br

Recebido (Received): 31/08/2024

ACEITO (Accepted): 05/03/2025

Resumo: As imagens de sensoriamento remoto de luzes noturnas refletem atividades socioeconômicas e mudanças ambientais no espaço geográfico, sendo amplamente utilizadas como proxy para estimar indicadores como PIB, densidade populacional, padrões urbanos e emissões de gases do efeito estufa. A disponibilização dos dados do sensor DMSP/OLS desde a década de 1990, aliada ao avanço de sensores com maior resolução, impulsionou o crescimento de estudos baseados nessas imagens. Este trabalho realiza uma revisão sistemática sobre as aplicações das luzes noturnas, utilizando o mapeamento bibliométrico para analisar a estrutura e as relações bibliográficas do campo. Os resultados indicam que o estudo de Dobson et al. (2000) é o mais citado, Christopher Elvidge é a principal referência na área, e a revista *Remote Sensing* concentra o maior número de publicações sobre o tema. Além disso, a China lidera em número de publicações, citações e autores produtivos. As aplicações dos estudos analisados podem ser agrupadas em quatro categorias principais: urbanas, socioeconômicas, ambientais e demográficas. Este trabalho contribui ao organizar as principais abordagens e tendências no uso de luzes noturnas, destacando estudos influentes e lacunas que podem orientar pesquisas futuras.

Palavras-chave: Sensoriamento remoto; Luzes noturnas; Mapeamento bibliométrico; DMSP/OLS.

Abstract: *Nighttime lights imagery collected by remote sensing reflects socioeconomic activities and environmental changes within geographic areas. These lights are also used as proxies to estimate and analyze some aspects of these activities, such as Gross Domestic Product, population density, urban patterns and processes, and greenhouse gas emissions. The availability of imagery from the Defense Meteorological Satellite Program Operational Linescan System (DMSP/OLS) since the 1990s, combined with advancements in higher-resolution sensors, has greatly improved the use of nighttime lights as a valuable data source for scientific researchs. In this regard, this paper present a systematic review on nighttime light imagery applications. To achieve this end, bibliometric mapping was used as methodological procedure and offered an overview of this field of research, helped to assess emerging trends, as well as to identify key authors. As a result, we found that the most cited author was Dobson et al. (2000), while Christopher Elvidge's accentuated contributions put him on the top references on this field of research. For its part, the journal "Remote Sensing" has published the highest number of articles on nighttime lights imagery. Moreover, China ranks first in the number of publications and citations, as well as in the concentration of highly productive and frequently cited authors. In addition, the applications of the studies analyzed can be broadly classified into four main categories: urban, socioeconomic, environmental, and demographic applications. In summary, this paper contributes by systematically organizing the key approaches and trends in the use of nighttime lights, identifying influential studies and uncovering research gaps that can inform future investigations.*

Keywords: *Remote sensing; Nighttime lights imagery; Bibliometric mapping; DMSP/OLS.*

1. Introdução

As transformações socioeconômicas e ambientais que ocorrem no espaço geográfico exigem abordagens

metodológicas e ferramentas que possibilitem a compreensão da complexidade desses fenômenos e dos processos responsáveis por tais mudanças (ZHAO *et al.* 2023). Nesse sentido, o Sensoriamento Remoto (SR) tem se consolidado como uma importante ferramenta para a análise espacial, permitindo a observação de padrões e tendências em diferentes escalas temporais e espaciais (WEIGAND *et al.* 2019).

Dentre as diversas aplicações do SR, as imagens de Sensoriamento Remoto de Luzes Noturnas (SRLN) tornaram-se um recurso amplamente utilizado para o estudo da dinâmica socioeconômica e ambiental, pois permitem estimar variáveis como crescimento urbano, distribuição populacional, atividades econômicas e até emissões de gases do efeito estufa (HU *et al.* 2017). Desde a disponibilização das imagens do *Defense Meteorological Satellite Program – Operational Linescan System* (DMSP/OLS), um sistema de imageamento orbital desenvolvido na década de 1990 para capturar emissões luminosas noturnas e detectar a cobertura de nuvens e, mais recentemente, do sensor *Visible Infrared Imaging Radiometer Suite* (VIIRS), que possui maior resolução espacial e sensibilidade para captar variações na emissão de luz e características da superfície terrestre, registrou-se um avanço significativo na utilização dessas informações em pesquisas científicas. Esse progresso ampliou as possibilidades de investigação sobre processos urbanos e mudanças no uso e cobertura da terra (ELVIDGE *et al.* 2013).

Diante do crescente interesse na aplicação dos dados de SRLN, diversas revisões científicas já foram realizadas para sistematizar seu uso em diferentes áreas do conhecimento. Hu *et al.* (2017) analisaram o estado da arte do campo entre 1991 e 2016, identificando os principais autores, países, periódicos e temáticas mais recorrentes. Bennett e Smith (2017) realizaram uma meta-análise sobre aplicações multitemporais de luzes noturnas, destacando o predomínio dos estudos voltados para urbanização e crescimento econômico. Zhao *et al.* (2019) exploraram não apenas o potencial das luzes noturnas para análise socioeconômica, mas também suas aplicações ambientais, enquanto Levin *et al.* (2020) sistematizaram as contribuições de diferentes sensores e apontaram desafios futuros para a área.

Nesse contexto, este trabalho objetiva realizar uma revisão sistemática das aplicações dos dados de SRLN, empregando o mapeamento bibliométrico para compreender o estado da arte desse campo. O estudo busca atualizar as questões analisadas por Hu *et al.* (2017), investigando: 1) quais os principais autores da área de SRLN; 2) quais as principais publicações do campo; 3) quais os periódicos e países com maior produção científica; e 4) quais as principais aplicações temáticas desses dados. A análise restringe-se aos sensores DMSP/OLS e VIIRS, visto que são amplamente utilizados e disponibilizados para a comunidade científica brasileira.

2. Materiais e métodos

Este trabalho adota o mapeamento bibliométrico como abordagem central. O mapeamento bibliométrico é uma ferramenta essencial para visualizar o estado da arte de um campo de pesquisa por meio de mapas que evidenciam as conexões entre as principais publicações e autores (ECK, 2011). O VOSviewer, um software livre, foi utilizado para representar as relações bibliográficas entre os autores do campo de SRLN por meio de um mapa bibliométrico.

O fluxograma da **Figura 1** apresenta as etapas do processo metodológico para o mapeamento bibliométrico e a revisão sistemática. As referências utilizadas foram extraídas da base de dados *Web of Science* (WOS), por ser a que concentra a maior quantidade de trabalhos sobre SRLN. A base de dados foi construída a partir de uma busca na WOS utilizando os termos e condições: 'remote sensing' AND ('nighttime light' OR 'night-time* light' OR 'night time* light'). A pesquisa foi aplicada aos títulos, resumos e palavras-chave, com delimitação até o ano de 2022. Inicialmente, foram retornadas 1208 publicações, das quais 804 permaneceram na amostra final após análise dos títulos e palavras-chave.

Com a base de dados preparada, foi realizado o mapeamento bibliométrico para responder às questões propostas neste estudo. Foram analisadas as tendências de publicações e citações na área, identificando-se o trabalho mais citado, os autores mais cocitados, os pesquisadores mais produtivos, os principais periódicos da temática e os países com maior número de publicações.

Os gráficos de tendências de publicação e citação foram gerados no software R, enquanto a representação dos principais periódicos foi obtida na plataforma WOS. Além disso, o mapa dos países mais produtivos foi elaborado no QGIS 3.28.10.

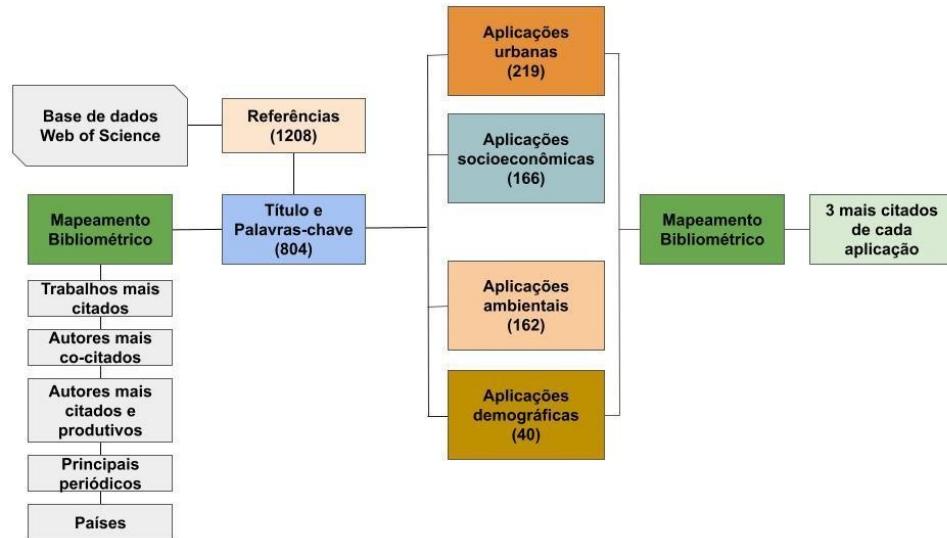


Figura 1: Fluxograma da pesquisa.

A análise dos títulos, resumos e palavras-chave das publicações permitiu identificar as principais temáticas de aplicação dos dados de SRLN. Como resultado, os trabalhos foram agrupados em quatro categorias: urbanas (219), socioeconômicas (166), ambientais (162) e demográficas (40). Os estudos de caráter predominantemente técnico foram excluídos da análise posterior por não se enquadarem nas categorias temáticas definidas. O mapeamento bibliométrico de cada categoria foi conduzido para identificar as publicações mais citadas. A partir desse levantamento, foram selecionados os três estudos mais citados de cada grupo para analisar a aplicação dos dados de SRLN. Se uma publicação já figurasse entre as três mais citadas no mapeamento bibliométrico da amostra geral, a seleção prosseguia para o estudo seguinte mais citado dentro da categoria.

3. Resultados

3.1. Tendência anual de publicação e citação de artigos na área de sensoriamento remoto de luz noturna

A **Figura 2** ilustra o número anual de publicações, o acumulado de trabalhos e as citações na área de SRLN. Observa-se que o uso de dados de luzes noturnas tem mostrado uma tendência de crescimento. O trabalho mais antigo selecionado para análise data de 2000 e é o único desse período. A partir de 2012, o número anual de publicações supera 10, e, em 2017, o acumulado ultrapassa a marca de 100 estudos. Embora o trabalho mais antigo na amostra seja de 2000, há estudos anteriores relevantes na área, como os clássicos de Owen *et al.* (1998) e Elvidge *et al.* (1997; 1999), que não foram capturados pela estratégia de busca utilizada.

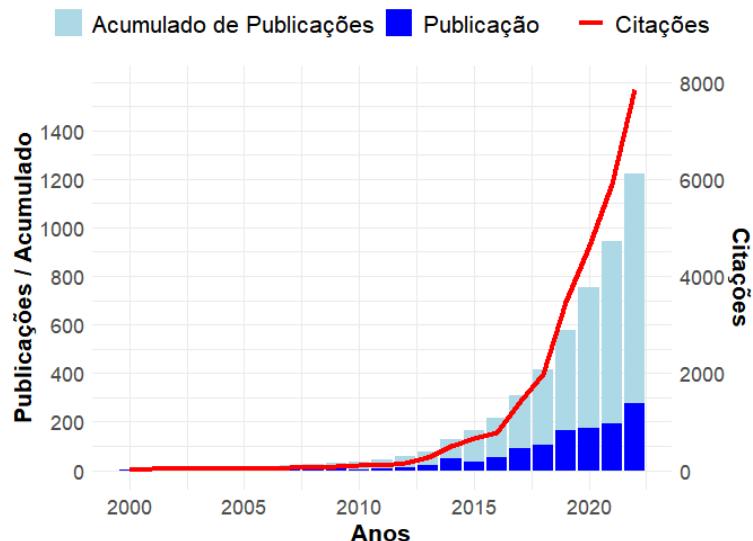


Figura 2: Distribuição das publicações e citações ao longo dos anos. Fonte: Elaborado pelo autor com base em WOS.

O aumento no número de publicações acompanha um crescimento expressivo nas citações desses trabalhos. A partir de 2012, há um aumento no número de citações, que ultrapassa 1000 por ano a partir de 2018, mantendo um crescimento contínuo. Em 2020, esse ritmo mais que dobrou o número de citações, indicando uma expansão significativa das pesquisas sobre luzes noturnas, impulsionada pela crescente disponibilidade de dados para a comunidade científica.

3.2. Publicações mais citadas e autores mais produtivos, citados e cocitados na área de sensoriamento remoto de luzes noturnas

Os autores com os trabalhos mais citados dentro da base de dados na área de SRLN são apresentados na **Figura 3**. O trabalho de Dobson *et al.* (2000) é o mais citado no conjunto das amostras selecionadas. Nele, os autores utilizaram dados de luzes noturnas do satélite DMSP/OLS como variável em um modelo para estimar a população global em áreas de risco.

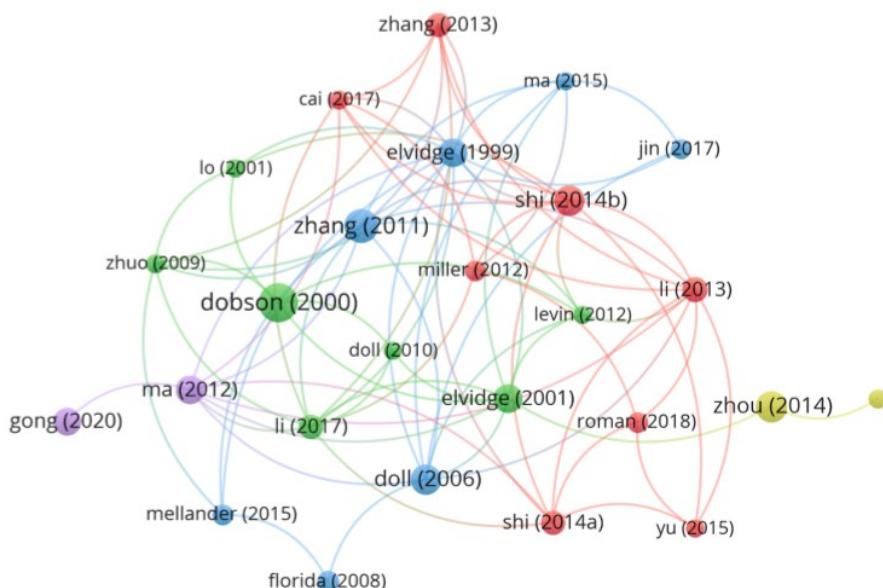


Figura 3: Mapeamento bibliométrico dos trabalhos mais citados. Fonte: Elaborado pelo autor.

Zhang *et al.* (2011) usaram dados do satélite DMSP/OLS para mapear a dinâmica da urbanização na Índia, China, Japão e Estados Unidos em escala global. Doll *et al.* (2006) estimaram a relação entre os dados de radiância do DMSP/OLS e o PIB regional de 11 países da União Europeia e dos Estados Unidos em diferentes escalas espaciais.

A análise da cocitação é essencial para identificar os principais autores e referências em SRLN, pois mede o número de vezes que dois ou mais trabalhos são citados simultaneamente em outra publicação. Nesse sentido, a **Figura 4** representa os autores mais cocitados do conjunto de trabalhos selecionados. Conforme pode ser observado, Christopher Elvidge é o autor-chave da área de SRLN, pois o autor foi um dos pioneiros na utilização desses dados para realizar diversas aplicações socioeconômicas e ambientais (HU *et al.* 2017). Entre os demais autores, destacam-se Xi Li, Kaifang Shi, Christopher Small e Qingling Zhang como referências na literatura de luzes noturnas.

Os cinco autores mais produtivos (tamanho do círculo) são Kaifang Shi (41), Xi Li (33), Bailang Yu (32), Zuoqi Chen (29) e Jianping Wu (28) (**Figura 5**). Já os cinco com maior citação média (cor do círculo) são Karen Seto (128,2), Pei Tao (125,0), Qing Zang (102,27), Chan Huang (90,4) e Xiaol Chen (87,0).

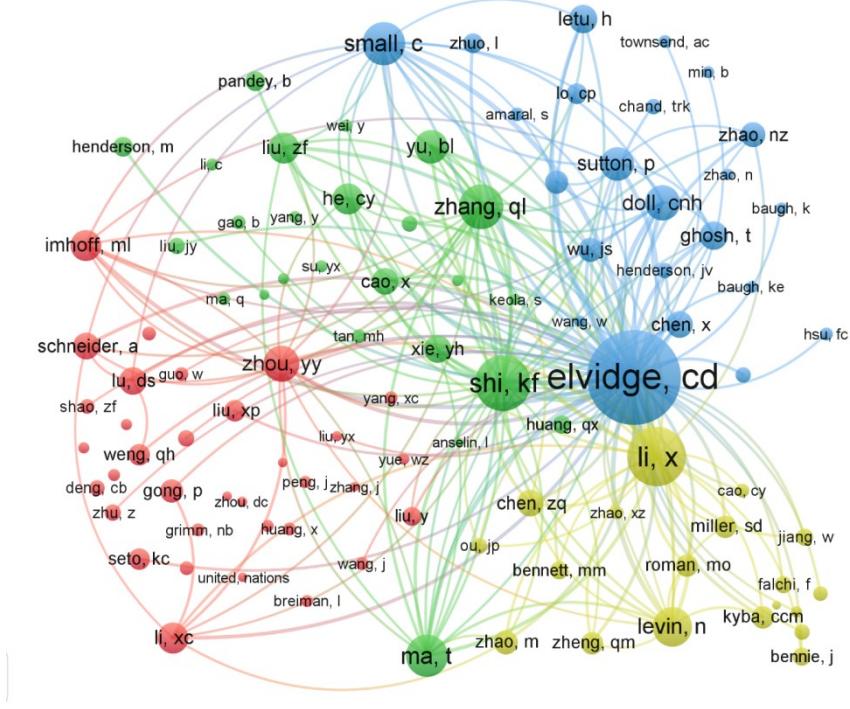


Figura 4: Mapeamento bibliométrico dos autores mais cocitados. Fonte: Elaborado pelo autor.

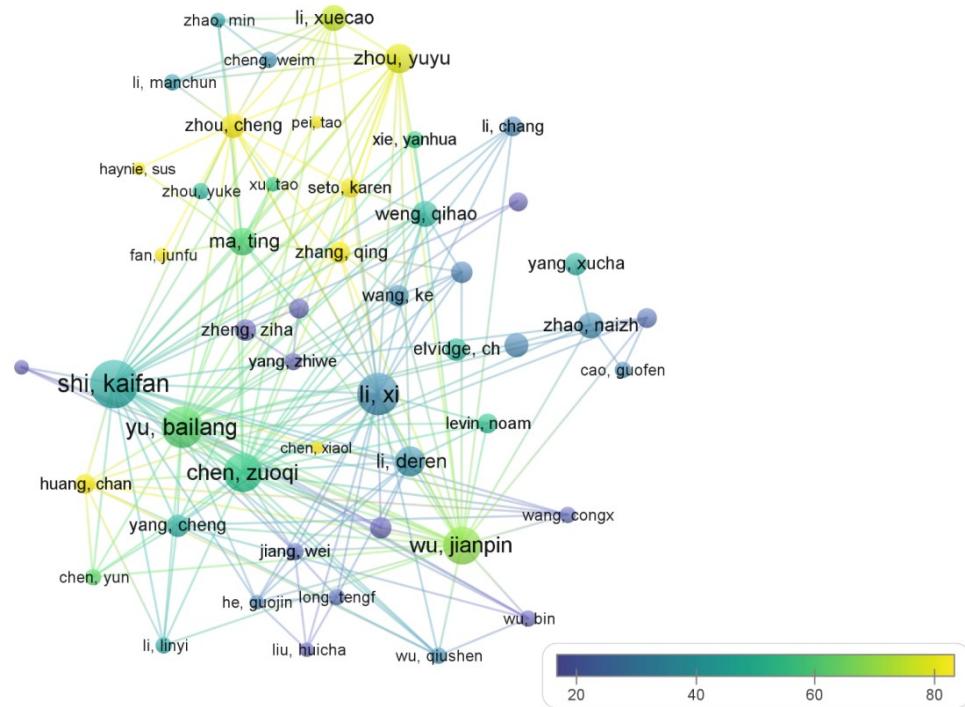


Figura 5: Mapeamento bibliométrico dos autores mais produtivos e citados. Fonte: Elaborado pelo autor.

3.3. Principais periódicos e países na área de sensoriamento remoto de luz noturna

Os dados de luz noturna podem ser aplicados para analisar uma gama de problemáticas vinculadas à relação Sociedade/Natureza. A **Figura 6** apresenta os principais periódicos que concentram publicações relacionadas a esses dados. O periódico *Remote Sensing* é o principal repositório de trabalhos da área de SRLN, cujo número de publicações é mais do que cinco vezes maior em relação ao número de publicações do segundo periódico, *IEEE Journal of Selected Topics in Applied Earth Observations and Remote Sensing*, e seis vezes maior do que o número do terceiro periódico, *Remote Sensing of Environment*. Destaca-se a presença de periódicos cuja temática central está diretamente ligada à questão ambiental, como *Sustainability* e *Science of the Total Environment*, embora esse aspecto também seja abordado nos demais periódicos.

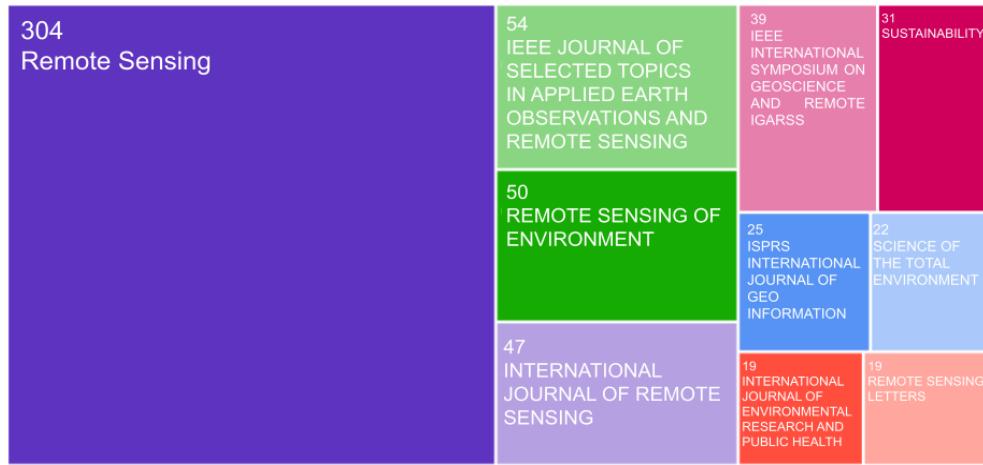


Figura 6: Os 10 periódicos mais relevantes em SRLN. Fonte: Elaborado pelo autor com base em WOS.

Em comparação com os resultados de Hu *et al.* (2017), *Remote Sensing* superou o *International Journal of Remote Sensing* como o periódico com maior número de publicações sobre dados de luzes noturnas. A principal diferença entre os dois levantamentos é a ausência do periódico *Radio Science* neste estudo e a inclusão de periódicos que abrangem outras áreas além do SR.

A **Figura 7** mostra os países com o maior número de publicações dentro dos critérios definidos para a seleção da amostra. A China lidera expressivamente em termos de publicações na área de SRLN, seguida pelos Estados Unidos e pelo Reino Unido.

A China publica mais de dez vezes o volume de estudos do Reino Unido, que ocupa a terceira posição. Além de liderar em publicações, a China também detém o maior percentual de citações, com os Estados Unidos e o Reino Unido novamente em segundo e terceiro lugar, respectivamente. O Brasil, embora tenha poucas publicações na área, ocupa a 28^a posição, destaca-se pelo impacto da publicação de Amaral (2006), que o coloca à frente de países como Suíça, Espanha e Rússia em termos percentuais de citações, embora esses países tenham um número maior de publicações.

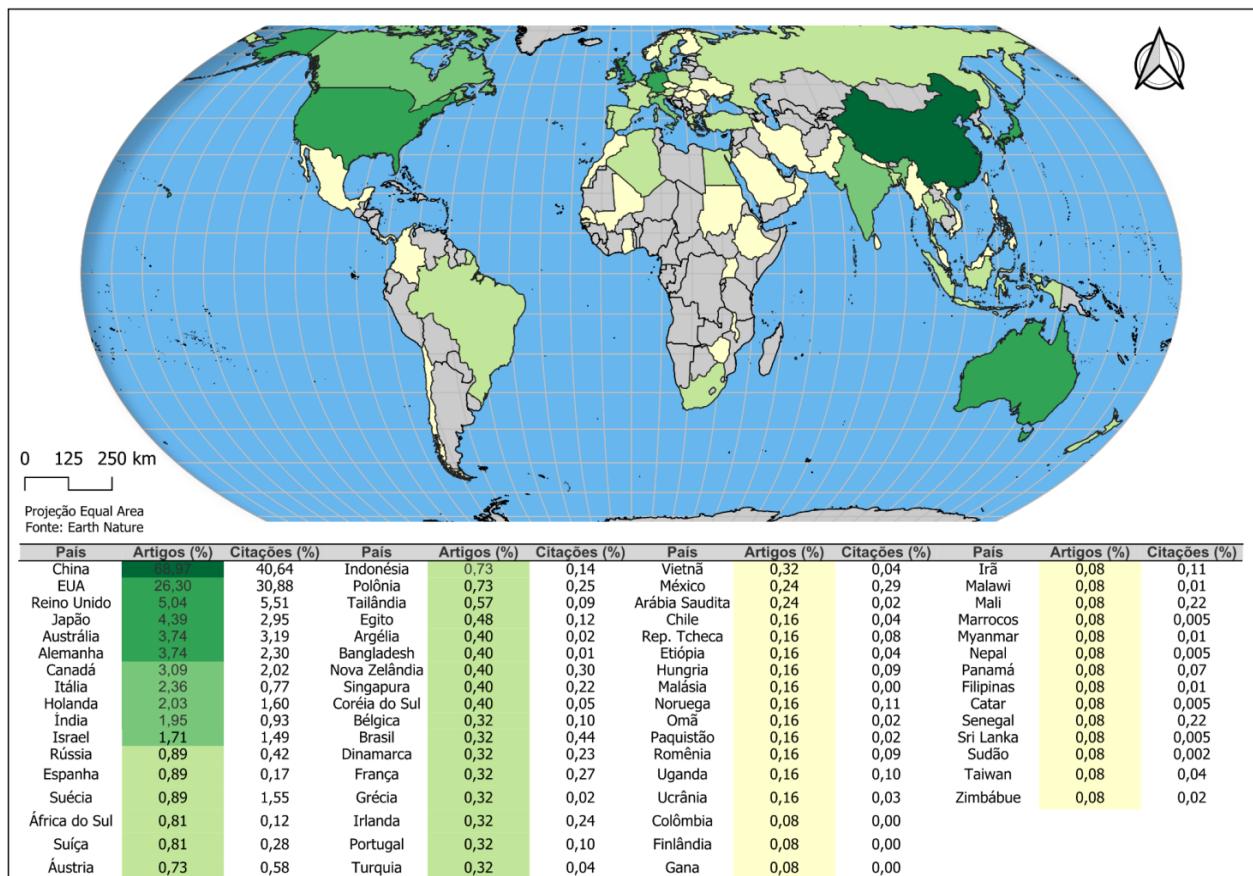


Figura 7: Países com os maiores percentuais de publicações em SRLN. Fonte: Elaborado pelo autor.

Os resultados evidenciam a forte inserção da China na pesquisa sobre luzes noturnas, ultrapassando os Estados Unidos em número de publicações. Comparado aos dados de Hu *et al.* (2017), o país passou de metade do número de publicações dos EUA para a liderança na área, além de reduzir a diferença no número de citações, que antes era cinco vezes menor.

3.5. Principais aplicações temáticas de dados de Sensoriamento Remoto de luzes noturnas

Os trabalhos da amostra foram classificados conforme as aplicações dos dados de SRLN. Assim, foram definidos quatro grupos temáticos de aplicação: urbana, socioeconômica, ambiental e demográfica. Tais agrupamentos estão condizentes com as revisões sistemáticas feitas por Huang *et al.* (2014), Bennett e Smith (2017), Zhao *et al.* (2019) e Levin *et al.* (2020).

3.5.1. Aplicações urbanas

A **Figura 8** apresenta os trabalhos mais citados no grupo urbano, que reúne estudos voltados à extração de informações sobre áreas urbanas a partir de dados de luzes noturnas. Os três trabalhos mais citados nesse grupo são Zhang (2011), Ma (2012) e Gong (2020), respectivamente. Zhang e Seto (2011) abordaram a dinâmica da urbanização em escala regional e global através dos dados de luzes noturnas DMSP/OLS. Os autores elaboraram séries temporais de luzes noturnas (1992-2008) utilizando uma classificação iterativa não supervisionada para mapear as mudanças no ambiente urbano de países asiáticos. Esses produtos foram comparados com dados populacionais e de áreas urbanas de outras fontes em nível de país para verificar a potencialidade dos dados de luzes noturnas para mapeamento de áreas urbanas. Os resultados indicam que as luzes noturnas apresentam forte correlação com as transformações urbanas ao longo do tempo e evidenciam diferentes padrões espaciais de urbanização entre os países analisados.

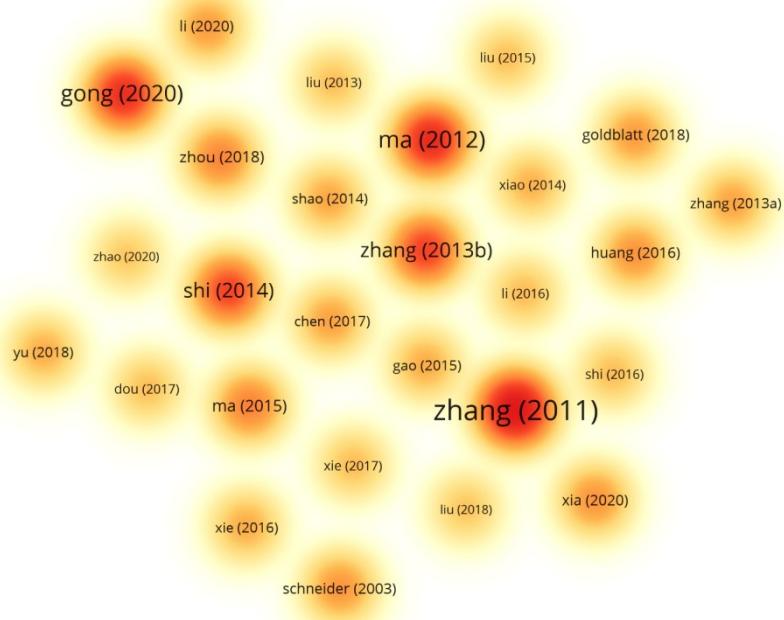


Figura 8: Trabalhos mais citados de SRLN aplicados a estudos urbanos. Fonte: Elaborado pelo autor.

Ma *et al.* (2012) preencheram uma lacuna na literatura ao analisar a dinâmica da urbanização por meio de luzes noturnas na escala local, especificamente no nível das cidades. Os autores realizaram uma análise comparativa entre diferentes cidades chinesas da relação entre uma variável de luzes noturnas do DMSP/OLS e variáveis como a extensão da área construída, população urbana, paridade de poder de compra, consumo de energia etc. para compreender o potencial de utilização do dado de luzes noturnas como indicador dessas variáveis na escala analisada. A variável de área de luz ponderada foi elaborada para superar a limitação de extração da extensão de áreas construídas por apenas um método de definição de limiar, o que possibilitou a análise comparativa entre as cidades. Para isso, os autores aplicaram três modelos de regressão para avaliar a relação entre as variáveis. Com isso, os resultados apresentados indicam que a

área de luz iluminada tem potencial como indicador de parâmetros socioeconômicos e demográficos na escala da cidade, bem como a existência de uma relação entre os ajustes dos modelos com o padrão de desenvolvimento urbano das cidades.

Gong *et al.* (2020) propuseram uma metodologia para aprimorar o mapeamento global de áreas impermeabilizadas no período de 1985 a 2018. Os autores organizaram a metodologia em duas etapas para mapear as áreas impermeabilizadas em regiões áridas e regiões não áridas, visto que em estudos prévios constataram grande confusão entre áreas impermeabilizadas e o solo exposto naquelas regiões. Para as áreas áridas, utilizaram as imagens noturnas do VIIRS em conjunto com os dados do Sentinel-1 como dados secundários para criar uma máscara de área urbana. As métricas de acurácia indicaram que a inclusão dos dados VIIRS e Sentinel-1 elevou a qualidade do mapeamento em 15% em comparação com a metodologia anterior dos autores.

3.5.2. Aplicações socioeconômicas

As publicações que empregam dados de luzes noturnas para investigar questões como consumo, desigualdade e PIB foram agrupadas na categoria de aplicações socioeconômicas. As mais citadas estão apresentadas na **Figura 9**. Os três trabalhos mais citados neste grupo são: Florida *et al.* (2008), Mellander *et al.* (2015) e Chand *et al.* (2009), respectivamente. Florida *et al.* (2008) utilizaram dados de luzes noturnas para delimitar megarregiões globais e estimar sua atividade econômica. As megarregiões foram delimitadas com base em um método de limiares definidos pela literatura, seguido pela estimativa da atividade econômica em cada uma delas. Esse dado foi utilizado como critério juntamente com outros dados socioeconômicos para refinar a delimitação das áreas consideradas pelos autores como megarregiões. Os resultados indicam a existência de 40 megarregiões globais, responsáveis por 66% da produção mundial, 85% da inovação global e uma economia superior a US\$ 100 bilhões.

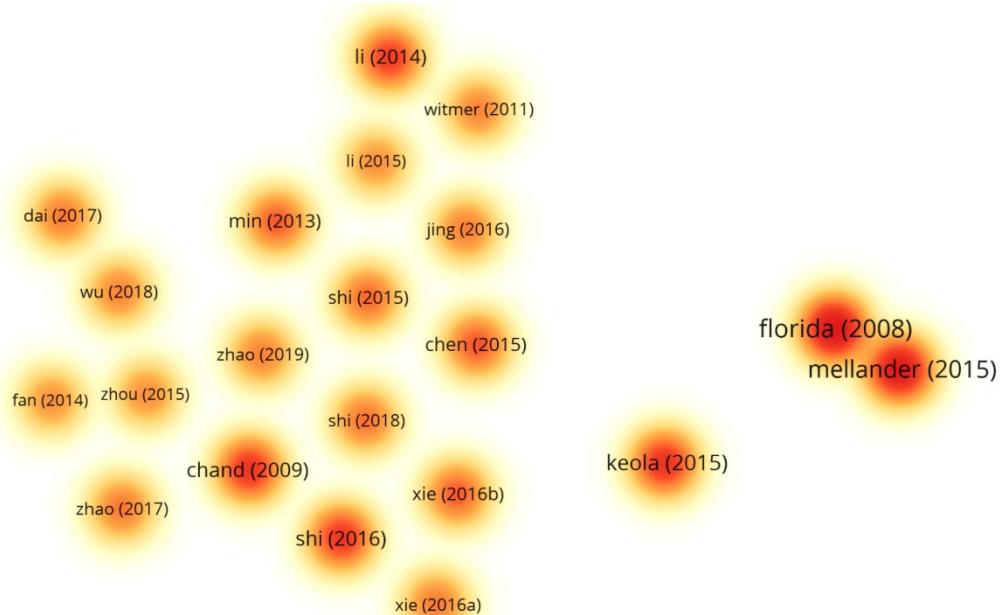


Figura 9: Trabalhos mais citados de SRLN aplicados a estudos socioeconômicos. Fonte: Elaborado pelo autor.

Mellander *et al.* (2015) investigaram o potencial das luzes noturnas como proxy da atividade econômica, aplicando correlações e regressões geograficamente ponderadas entre variáveis luminosas e socioeconômicas em uma escala refinada na Suécia. Os resultados indicam que diferentes métricas de luzes noturnas, como radiância e pixels saturados, apresentam correlações distintas com variáveis socioeconômicas, sendo a radiância mais associada às atividades econômicas. Além disso, a intensidade luminosa correlaciona-se melhor com dados de densidade do que com valores absolutos, especialmente para população e número de estabelecimentos. Por outro lado, a correlação entre salários e luzes noturnas foi fraca. No nível micro, as

luzes noturnas não exibem correlações fortes com atividades econômicas, e as regressões espaciais apontam para dependência espacial nos dados, com variações influenciadas pelos quadrantes vizinhos.

Chand *et al.* (2009) analisaram as mudanças espaciais e temporais no consumo de energia elétrica na Índia, utilizando dados de luzes noturnas do DMSP/OLS. Os autores analisaram a relação estatística entre o número de pixels iluminados e dados populacionais e de consumo de energia elétrica. Os resultados indicam coeficientes de determinação de 0,59 entre crescimento populacional e incremento da iluminação noturna, e de 0,56 entre iluminação noturna e consumo de energia elétrica, evidenciando o potencial das luzes noturnas como indicador desse consumo.

3.5.3. Aplicações ambientais

As publicações mais citadas que relacionam dados de luzes noturnas com aplicações ambientais estão representadas na **Figura 10**. Os três trabalhos mais citados neste agrupamento são Liu (2015), Chen (2017a) e Han (2014). Liu *et al.* (2015) analisaram a relação entre urbanização e degradação da vegetação em diferentes metrópoles, utilizando o Índice de Vegetação por Diferença Normalizada (NDVI) e dados de luz noturna VIIRS. Utilizando um método simplificado de calibração do VIIRS e regressão Theil-Sen, os autores identificaram padrões espaço-temporais distintos. Os resultados indicam que os dados de luz noturna possibilitaram a identificação de variações espaço-temporais na relação entre urbanização e degradação da vegetação, revelando correlações distintas entre cidades e períodos, o que evidencia a complexidade desse processo.

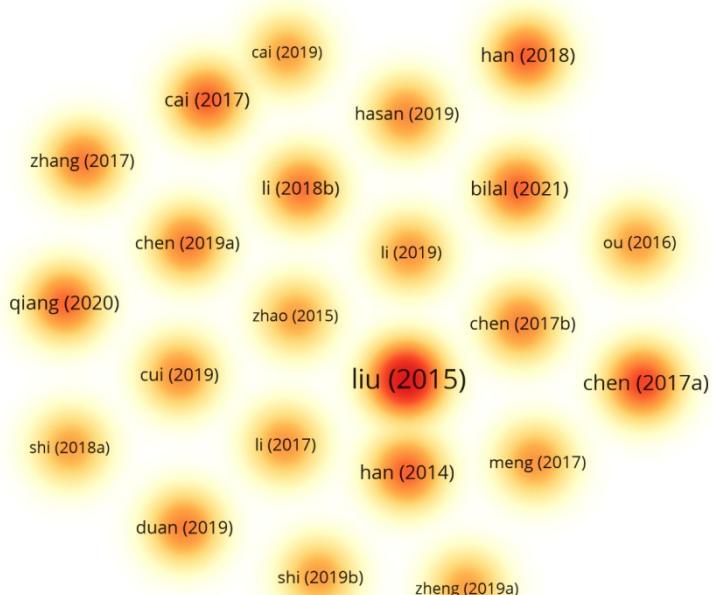


Figura 10: Trabalhos de SRLN aplicados a estudos ambientais. Fonte: Elaborado pelo autor.

Chen *et al.* (2017) analisaram o impacto da urbanização nas ilhas de calor em Pequim, China, utilizando dados do DMPS/OLS. Os dados de luzes noturnas foram correlacionados com o NDVI e a Temperatura da Superfície Terrestre (LST) Normalizada, obtidos a partir de imagens Landsat TM. Os resultados mostram uma correlação positiva entre as luzes noturnas e LST e negativa entre as luzes noturnas e NDVI. Assim, a expansão urbana influencia diretamente a redução da cobertura vegetal e as variações nos padrões de LST.

Han *et al.* (2014) monitoraram as tendências de poluição luminosa na China utilizando imagens de luzes noturnas do DMPS/OLS. A poluição luminosa foi definida como a variação de ± 3 unidades DN e calculada para três períodos: 1992-1996, 2000-2004 e 2008-2012, permitindo a identificação das tendências de mudança. Os resultados apresentados mostram o aumento da poluição luminosa no período analisado e padrões diferenciados nas regiões e época. Na década de 1990, o aumento da poluição luminosa esteve principalmente relacionado às grandes cidades, enquanto sua redução ocorreu em áreas industriais e mineradoras, bem como nas regiões centrais das metrópoles. Nos anos 2000, o aumento da poluição luminosa deslocou-se das grandes cidades para vilas de pequeno e médio porte.

3.5.4. Aplicações demográficas

A **Figura 11** apresenta os trabalhos mais citados no grupo relacionado à aplicação dos dados de luzes noturnas a aspectos demográficos, com foco na estimativa da densidade e do número populacional em áreas específicas. As três publicações mais citadas desse grupo são: Zhuo (2009), Levin (2012) e Amaral (2006).

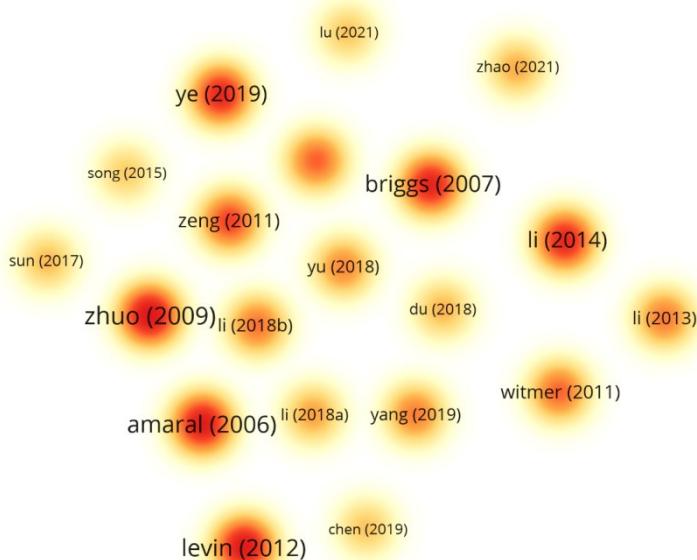


Figura 11: Trabalhos de SRLN aplicados a estudos demográficos. Fonte: Elaborado pelo autor.

Zhuo *et al.* (2009) modelaram a densidade populacional da China para o ano de 1998 utilizando dados do DMSP/OLS. Integraram os dados de luz noturna com resolução de 1 km calibrados, dado NDVI do SPOT e dados censitários. Os autores utilizaram a escala do município para análise. Assim, foi definido 3 tipos de municípios com base na razão (RA) entre a área iluminada (DMSP) com a área habitada (NDVI) no município. Para valores de RA superiores a 70%, no município Tipo I, a população foi estimada pela correlação entre a intensidade luminosa do pixel e a população total do município. Já o município do Tipo II foi definido com RA diferente de 0 e menor que 70% que, por sua vez, a densidade populacional dentro das áreas iluminadas era estimada por meio da correlação entre a intensidade luminosa e a população urbana. O município Tipo III era caracterizado por RA igual a 0%, e a densidade populacional era considerada como a população média. A população fora das áreas iluminadas foi estimada pela correlação entre a intensidade luminosa e a população rural. Em seguida, foram geradas grades de densidade populacional para cada tipo de município e realizadas regressões polinomiais, cujos resultados foram estatisticamente significativos.

Levin e Duke (2012) utilizaram imagens DMSP/OLS, fotografias tiradas da Estação Espacial Internacional (ISS) e imagens noturnas de uma câmera de alta sensibilidade acoplada a um satélite artificial para analisar, em escala local, as relações entre luzes noturnas e dados demográficos e socioeconômicos em Israel e na Cisjordânia. Os resultados mostram que os padrões de luzes noturnas nas duas áreas analisadas refletem diferenças econômicas e geopolíticas. As luzes noturnas correlacionadas com a densidade populacional e de estradas eram mais fortes nas áreas urbanizadas ocupadas por judeus e mais fracas nas áreas ocupadas por árabes. A influência das variáveis demográficas e as socioeconômicas também apresentaram comportamentos diferenciados na variação dos dados de luzes noturnas, pois tais variáveis explicaram 60% da variação nas imagens da ISS, enquanto que nas imagens DMSP/OLS explicaram 28%.

Amaral *et al.* (2006) analisaram o potencial dos dados do DMSP/OLS para estimar a população urbana na região Amazônica. Para isso, foi utilizado um mosaico composto por imagens de 1994-1995, 1999 e 2002, em que foi realizada a minimização da presença de nuvens e de luzes efêmeras como incêndios florestais, para extrair a frequência de pixels de luz noturna. Os resultados indicam que os dados de luzes noturnas conseguiram identificar todos os assentamentos com população superior a 10.000 habitantes e a maioria com população entre 5.000 e 10.000 habitantes. Os dados dos anos de 1995 e 1999 também possuem grande correlação com os dados da população urbana de 1996 e 2000 do IBGE, cujos coeficientes de determinação foram superiores a 0,8. No entanto, a estimativa da população para 2003, a partir do mosaico de luz noturna de 2002, foi superestimada em relação à projeção da população urbana do IBGE. Dessa forma, os autores

ressaltam a potencialidade dos dados de luzes noturnas para monitorar a evolução da população de assentamentos urbanos com as devidas calibrações adicionais necessárias.

4. Considerações finais

O conjunto de publicações selecionadas demonstra que a área de SRLN está em plena expansão. Também foi possível verificar questões-chave de um campo temático como os principais trabalhos, autores e periódicos. Nesse sentido, Christopher Elvidge é o autor-chave da área de luzes noturnas, como evidenciado pelo mapa de cocitação; a revista *Remote Sensing* é a que possui o maior número de publicações na amostra, e o trabalho de Dobson *et al.* (2000) é o mais citado. Além disso, a maioria dos autores mais produtivos e citados são pesquisadores da China, país que detém o maior percentual de publicações na área.

As principais aplicações dos dados de luzes noturnas estão relacionadas à extração de informações urbanas, parâmetros econômicos e aspectos populacionais e ambientais. Dentre essas, observou-se um número ligeiramente maior de aplicações urbanas, bem como uma maior diversidade nas aplicações ambientais.

A maioria das publicações revisadas utilizou dados de luzes noturnas do DMSP/OLS. Isso está relacionado à maior consistência temporal dos dados, que abrangem o período de 1992 a 2013, e aos constantes avanços metodológicos para lidar com suas limitações. Nesse contexto, há uma lacuna a ser preenchida no estado da arte das aplicações dos dados VIIRS, que já estão disponíveis há mais de uma década.

Outro ponto a ser analisado em estudos futuros sobre os dados de luzes noturnas é a abordagem dos métodos utilizados para obter as informações de interesse. Dessa forma, é necessário compreender, por exemplo, como as técnicas de *machine learning* e *deep learning* estão sendo aplicadas para classificação, regressão, detecção de mudanças, construção de séries temporais de luzes noturnas, entre outras aplicações.

Agradecimentos

Os autores agradecem à CAPES pelo apoio financeiro (Processo n° 88887.513412/20202-00)

Referências

- AMARAL, S. et al. DMSP/OLS night-time light imagery for urban population estimates in the Brazilian Amazon, International. **Journal of Remote Sensing**, v. 27, 855-870, 2006. DOI: <https://doi.org/10.1080/01431160500181861>.
- BENNETT, M; SMITH, L. Advances in using multitemporal night-time lights satellite imagery to detect, estimate, and monitor socioeconomic dynamics. **Remote Sensing of Environment**, v. 192, 176-197, 2017. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.rse.2017.01.005>.
- CHAND, K. T. et al. Spatial characterization of electrical power consumption patterns over India using temporal DMSP-OLS night-time satellite data. **International Journal of Remote Sensing**, v. 30, 647-661, 2009. DOI: <https://doi.org/10.1080/01431160802345685>.
- CHEN, W. et al. Evaluation of Urbanization Dynamics and its Impacts on Surface Heat Islands: A Case Study of Beijing, China. **Remote Sensing**, v. 9(5), 1-16, 2017. DOI: <https://doi.org/10.3390/rs9050453>.
- DOBSON, J. E. et al. LandScan: A global population database for estimating populations at risk. **Photogrammetric Engineering & Remote Sensing**, v. 66, 849-857, 2000.
- DOLL, C. N. H. et al. Mapping regional economic activity from night-time light satellite imagery. **Ecological Economics**, v. 57, 75-92, 2006. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.ecolecon.2005.03.007>.
- ECK, N. J. **Methodological Advances in Bibliometric Mapping of Science**. PhD. Rotterdam: Erasmus University, 2011.
- ELVIDGE, C. D., et al. Why VIIRS data are superior to DMSP for mapping nighttime lights. **Proceedings of the Asia-Pacific Advanced Network**. v. 35, 62-69, 2013. DOI: <http://dx.doi.org/10.7125/APAN.35.7>.

ELVIDGE, C. D., et al. Radiance Calibration of DMSP-OLS Low-Light Imaging Data of Human Settlements. **Remote Sensing of Environment**. v. 68, 77-88, 1999. DOI: [https://doi.org/10.1016/S0034-4257\(98\)00098-4](https://doi.org/10.1016/S0034-4257(98)00098-4).

ELVIDGE, C. D. et al. Relation between satellite observed visible-near infrared emissions, population, economic activity and electric power consumption. **International Journal of Remote Sensing**, v. 18, 1373-1379, 1997. DOI: <https://doi.org/10.1080/014311697218485>.

FLORIDA, R.; GULDEN, T.; MELLANDER, C.; The Rise of the Mega-Region. **Cambridge Journal of Regions, Economy and Society**, v. 1, 459-476, 2008. DOI: <https://doi.org/10.1093/cjres/rsn018>.

GONG, P. et al. Annual maps of global artificial impervious area (GAIA) between 1985 and 2018. **Remote Sensing of Environment**, v. 236, 2020. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.rse.2019.111510>.

HAN, P. et al. Monitoring Trends in Light Pollution in China Based on Nighttime Satellite Imagery. **Remote Sensing**, v. 6, 5541-5558, 2014. DOI: <https://doi.org/10.3390/rs6065541>.

HU, K. et al. Scientometric Visualization Analysis for Night-Time Light Remote Sensing Research from 1991 to 2016. **Remote Sensing**, v. 9, 1-30, 2017. DOI: <https://doi.org/10.3390/rs9080802>.

HUANG, Q. et al. Application of DMSP/OLS Nighttime Light Images: A Meta-Analysis and a Systematic Literature Review. **Remote Sensing**, v. 6, 6844-6866, 2014. DOI: <https://doi.org/10.3390/rs6086844>.

LEVIN, N. et al. Remote sensing of night lights: A review and an outlook for the future. **Remote Sensing of Environment**, v. 237, 2020. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.rse.2019.111443>.

LEVIN, N.; DUKE, Y. High spatial resolution night-time light images for demographic and socio-economic studies. **Remote Sensing of Environment**. v. 119, 1-10, 2012. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.rse.2011.12.005>.

LIU, Y. et al. Correlations between Urbanization and Vegetation Degradation across the World's Metropolises Using DMSP/OLS Nighttime Light Data. **Remote Sensing**, v. 7(2), 2067-2088, 2015. DOI: <https://doi.org/10.3390/rs70202067>.

MA, T. et al. Night-time light derived estimation of spatio-temporal characteristics of urbanization dynamics using DMSP/OLS satellite data. **Remote Sensing of Environment**, v. 158, 453-464, 2012. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.rse.2014.11.022>.

MELLANDER, C et al. Night-Time Light Data: A Good Proxy Measure for Economic Activity?. **PLOS ONE**, v. 10, 2015. DOI: <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0139779>.

OWEN, T. W. Using DMSP-OLS light frequency data to categorize urban environments associated with US climate observing stations. **International Journal of Remote Sensing**, v. 19, 3451-3456, 1998. DOI: <https://doi.org/10.1080/014311698214127>.

WEIGAND, M. et al. Remote Sensing in Environmental Justice Research - A Review. **ISPRS Int. J. Geo-Inf**, v. 8, 1-28, 2019. DOI: <https://doi.org/10.3390/ijgi8010020>.

ZHANG, Q.; SETO, K. Mapping urbanization dynamics at regional and global scales using multi-temporal DMSP/OLS nighttime light data. **Remote Sensing of Environment**, v. 115, 2320-2329, 2011. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.rse.2011.04.032>.

ZHAO, M. et al. Applications of Satellite Remote Sensing of Nighttime Light Observations: Advances, Challenges, and Perspectives. **Remote Sensing**, v. 11, 1-35, 2019. DOI: <https://doi.org/10.3390/rs11171971>.

ZHAO, S. et al. The role of satellite remote sensing in mitigating and adapting to global climate change. **Science of the Total Environment**, v. 904, 2023. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2023.166820>.

ZHUO, L. et al. Modelling the population density of China at the pixel level based on DMSP/OLS non-radiance-calibrated night-time light images. **International Journal of Remote Sensing**, v. 30, 1003-1018, 2009. DOI: <https://doi.org/10.1080/01431160802430693>.



Este artigo é distribuído nos termos e condições do *Creative Commons Attributions/Atribuição-NãoComercial-Compartilhável* (CC BY-NC-SA).