

XXIII SIMPÓSIO BRASILEIRO DE RECURSOS HIDRÍCOS

ESTUDO DA EVOLUÇÃO TEMPORAL DOS BANCOS DE AREIA NO LEITO DO RIO CHORÓ, CEARÁ, BRASIL

*Greicy Kelly da Silva*¹ ; *Francisco de Assis Ferreira de Sousa*² ; *Marx Vinicius Maciel da Silva*³ ;
*Ulisses Costa de Oliveira*⁴ & *Cleiton da Silva Silveira*⁵

RESUMO – As atividades de mineração de areia no leito do Rio Choró, vêm se intensificando cada vez mais nos últimos anos, em especial, no trecho que passa pelo município de Barreira, no Estado do Ceará. Este trabalho, teve como objetivo identificar a evolução da extensão dos bancos de areia no leito do Rio Choró nas localidades de Criancó e Cruz, nos anos de 2013 e 2018 e verificar os impactos ambientais decorrentes das atividades de extração de areia. Para tanto, se utilizou imagens do satélite Landsat-8 aliadas a técnicas de geoprocessamento e Sistema de Informação Geográfica. Feito o processo de classificação destas imagens e verificada sua acurácia através do Índice Kappa, identificou-se alterações no comportamento dos bancos de areia. Observou-se o aumento, instabilidade e variabilidade espacial nos areais localizados na calha fluvial em Criancó juntamente com a ausência de escoamento em alguns trechos do rio. Em Cruz, os bancos de areia apresentaram um maior aporte. Em cinco anos, os impactos ambientais foram consolidados nas localidades, resultando, principalmente, na intensificação dos fenômenos de assoreamento, erosão e desmatamento nas margens, obstrução no rio e poluição do corpo d'água.

ABSTRACT– The activities of sand mining in the bed of the Rio Choró, they have been intensifying increasingly in recent years, in particular, in the stretch that passes through the municipality of Barreira, in the State of Ceará. This work had as objective to identify the evolution of the extension of sandbanks in the bed of the Choró River in the localities of Criancó and Cruz, in the years of 2013 and 2018 and to verify the environmental impacts resulting from the activities of sand extraction. Therefore, was used images of the Landsat-8 satellite allied to geoprocessing techniques and Geographic Information System. Done the process of classification of these images and verified its accuracy through the Kappa Index, was identified changes in the behavior of sandbanks. It was observed the increase, instability and spatial variability of the sands located in the fluvial channel in Criancó along with the absence of flow in some stretches of the river. In Cruz, the sandbanks presented a greater contribution. In five years, the environmental impacts were consolidated in the localities, resulting, mainly, in the intensification of sedimentation, erosion and deforestation phenomena on the margins, obstruction in the river and pollution of the water body.

Palavras-Chave – Bancos de areia. Rio Choró. Impactos ambientais.

1) Aluna, Doutorado em Engenharia Civil (Recursos Hídricos), Universidade Federal do Ceará, greicy.silva@alu.ufc.br

2) Aluno, Mestrado Profissional em Climatologia e Aplicações nos Países da CPLP e África, Universidade Estadual do Ceará

3) Aluno, Doutorado em Engenharia Civil (Recursos Hídricos), Universidade Federal do Ceará, marx.silva@alu.ufc.br

4) Aluno, Doutorado em Engenharia Civil (Recursos Hídricos), Universidade Federal do Ceará, ucoliveira@msn.com

5) Professor adjunto, Departamento de Engenharia Hidráulica e Ambiental, Universidade Federal do Ceará, cleitonsilveira@ufc.br

INTRODUÇÃO

O Rio Choró é um dos principais rios que compõem a Bacia Metropolitana no Estado do Ceará. Essa notoriedade se deve pela sua extensão que alcança cerca de 200 km, desde sua nascente, em Choró, até sua foz, o limite entre os municípios de Cascavel e Beberibe. As atividades de mineração de areia no leito do Rio Choró, têm ganhado cada vez mais força nos últimos anos, em especial, no trecho que passa pelo município de Barreira no Estado do Ceará. Segundo a Prefeitura Municipal de Barreira, as localidades de Cruz e Criancó tiveram áreas liberadas, através da concessão de licenças ambientais, para atividades de extração de areia grossa do leito do Rio Choró em 2013 e 2015, respectivamente.

A mineração é uma atividade antrópica que contribui fortemente para a alteração da superfície terrestre. Acarreta impactos negativos sobre a água, o ar, o solo, o subsolo, a fauna e a flora, promovendo a remoção da cobertura vegetal e provocando modificações no escoamento superficial, por exemplo. Além disso, interfere direta e indiretamente sobre a própria ocupação humana (Duarte *et al.* (2018), Lelles (2004); Lobato *et al.* (2009)). Dessa forma, Lobato *et al.* (2009) e Nobre Filho *et al.* (2011), apontam a necessidade de que medidas mitigadoras sejam adotadas a fim de que os danos gerados ao ambiente sejam reduzidos, mesmo que minimamente. Os autores sugerem, portanto, a realização de estudos de controle ambiental que definam e implantem essas medidas. Para isso, faz-se necessário o acompanhamento da atividade de extração que está sendo realizada, o que fornece informações pertinentes aos órgãos de administração municipal e controle ambiental, auxiliando-os no planejamento e na tomada de decisões. A utilização de técnicas de sensoriamento remoto, geoprocessamento e SIG's (Sistemas de Informações Geográficas) vem subsidiando o acompanhamento da expansão das áreas de mineração. Através desses instrumentos geotecnológicos, é possível identificar e caracterizar, com maior rapidez e precisão, mudanças espaciais decorridas das atividades mineradoras (Clemente *et al.* (2013), Leite (2011), Lobato *et al.* (2009)).

No Brasil, a extração de areia é mais comum em leito de rios, ocupando o percentual de 70% da extração no país, em virtude de ser uma areia “lavada”, ou seja, sem adição de argilas. Com isso, essa atividade resulta em uma grande demanda no cenário da construção civil (Luz e Almeida (2012)). Fleischmann *et al.* (2017) e Latrubesse *et al.* (2009) em seus trabalhos, apontam vários fatores que influenciam na dinâmica dos bancos de areias. Processos hidrosedimentológicos naturais aliados às atividades antrópicas causam a migração anual dos bancos e o aumento da sua extensão. Este último, é uma consequência também dos impactos provocados no sistema hidroclimático da região, em virtude da ocorrência de fenômenos de secas. A região banhada pela microbacia do Rio Choró, apresenta uma vazão comprometida pela variabilidade temporal típica do semiárido, que tem como características a escassez e irregularidade pluviométrica. Logo, a oferta hídrica da região é minimizada consideravelmente em virtude da ocorrência frequente de secas, atribuindo ao Rio Choró

características intermitentes. Fator que pode contribuir superestimando o tamanho real do impacto provocado pelas atividades de mineração.

O objetivo deste trabalho é estudar a evolução da extensão dos bancos de areia no leito do Rio Choró nas localidades de Criancó e Cruz, no município de Barreira, Ceará, entre os anos de 2013 e 2018 e identificar os impactos negativos acarretados pela atividade de mineração.

METODOLOGIA

De modo a identificar a evolução da extensão dos bancos de areia no leito do Rio Choró, para as localidades de Criancó e Cruz em Barreira, Ceará, e os impactos ambientais provocados pelas atividades de mineração nessas áreas, este trabalho utilizou imagens do satélite Landsat-8 aliadas a técnicas de geoprocessamento e SIG's para os anos de 2013 e 2018.

Região de Estudo

A área de estudo compreende o leito do Rio Choró nos distritos de Criancó e Cruz, localizados no município de Barreira, no Estado do Ceará. Barreira está localizada na mesorregião Norte do Estado e na microrregião Chorozinho. O município abrange parte de planície litorânea e área mais rebaixada das serras, apresentando clima tropical semiárido brando e classificado como Aw por Köppen e Geiger. Está totalmente inserido na região hidrográfica que engloba a Bacia Metropolitana, além de possuir o Rio Choró como elemento de maior destaque em sua drenagem, que por sua vez, apresenta aspecto bastante intermitente. A temperatura média anual de Barreira registra 25,8 °C. Seu regime pluviométrico é mais acentuado no verão. Em geral, agosto e março são considerados os meses mais seco e chuvoso, respectivamente (Bezerra (2006), FUNCEME (2019), PT.CLIMATE-DATA (2019)). A Figura 1 apresenta o mapa de localização da região.

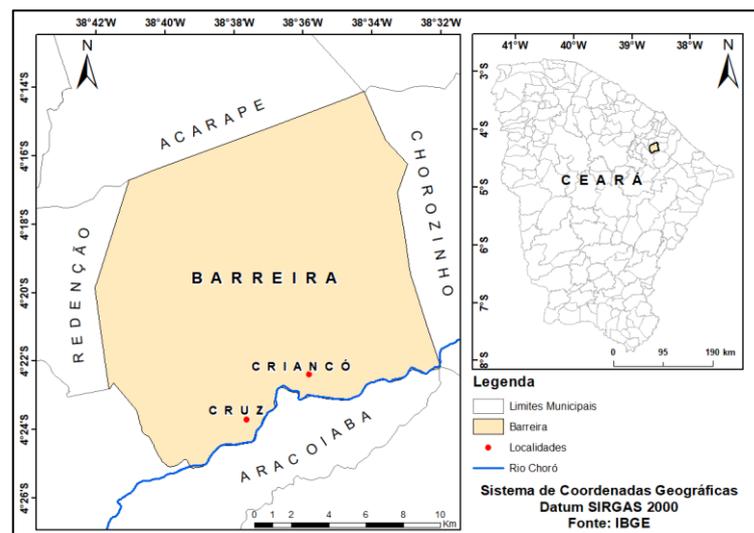


Figura 1 – Localização da área de estudo

Dados utilizados

Com o objetivo de verificar o impacto da evolução temporal e espacial dos bancos de areia no leito do Rio Choró, foram aplicadas técnicas de geoprocessamento às imagens provenientes de satélite.

Foram tratadas duas cenas provenientes do satélite Landsat-8, que é operado pelos sensores *Operational Land Imager* (OLI) e *Thermal Infrared Sensor* (TIRS), de órbita-ponto 217-063 (BARS I *et al.* (2014)). As cenas datam de 30 de maio de 2013 e 13 de junho de 2018 e foram obtidas gratuitamente no sítio de dados da *United States Geological Survey* (USGS). Após sua aquisição, as imagens foram processadas através do *software* QGIS, realizando sua reprojeção para o hemisfério Sul e sistema de coordenadas SIRGAS 2000 UTM ZONA 24S. Realizou-se a fusão das imagens das bandas 6, 5 e 2 gerando a composição colorida RGB 652 para cada cena. Esta composição foi fusionada a banda 8, refinando a resolução espacial da imagem final de 30 m para 15 m. Em seguida, recortada a área de estudo, gerou-se a classificação das imagens mapeando duas classes: o corpo hídrico do Rio Choró e os bancos de areia atrelados ao leito do rio. A metodologia utilizada para classificar foi a de Nicolas Karasiak (2019).

De modo a avaliar o desempenho da classificação supracitada, foi calculado o Índice Kappa (K) a partir da matriz de confusão (Congalton, 1991). O K mede a concordância entre o mapa e a referência que foi adotada, estimando a exatidão da classificação (Cohen, 1960). O índice Kappa é calculado a partir da equação 1:

$$K = \frac{[n * \sum_{i=1}^r x_{ij} - \sum_{i=1}^r (x_i * x_j)]}{[n^2 - \sum_{i=1}^r (x_i * x_j)]} \quad (1)$$

em que r é o número de linhas na matriz, sendo (i) o número de observações na linha e (j) o número de observações na coluna, e n representa o número total de observações. A Tabela 1 mostra como os valores obtidos de Índice Kappa podem ser interpretados para a classificação, de acordo com Landis e Koch (1977).

Tabela 1 – Associação entre os valores de Índice Kappa e a qualidade da classificação

Índice Kappa	Qualidade
0,00	Péssima
0,01 a 0,20	Ruim
0,21 a 0,40	Razoável
0,41 a 0,60	Boa
0,61 a 0,80	Muito Boa
0,81 a 1,00	Excelente

RESULTADOS E DISCUSSÕES

Como resultado da classificação realizada, foi possível, por inspeção visual, identificar áreas no leito do Rio Choró que sofreram modificações decorrentes das atividades de mineração de areia no intervalo de cinco anos.

Para a cena registrada em 2013, o mapa de distribuição dos bancos de areia no leito do Rio Choró, produto da classificação realizada, teve sua precisão conferida com um Índice Kappa de valor 0,9677. O que, de acordo com a Tabela 1, concerne à classificação realizada uma qualidade Excelente. Do mesmo modo, para a cena registrada no ano de 2018 o Índice Kappa obtido foi de 0,9536. Assim, a qualidade Excelente também foi conferida a esta classificação. Obtidos ótimos resultados, tem-se verificado a alta acurácia do mapeamento da área de estudo no tocante a cobertura do solo.

Com o mapeamento realizado, foram evidenciadas as transformações ocorridas no leito do Rio Choró, nas localidades de Criancó e Cruz. A Figura 2 apresenta a evolução espacial dos bancos de areia no leito do Rio Choró para a localidade de Criancó nos anos de (a) 2013 e (b) 2018.

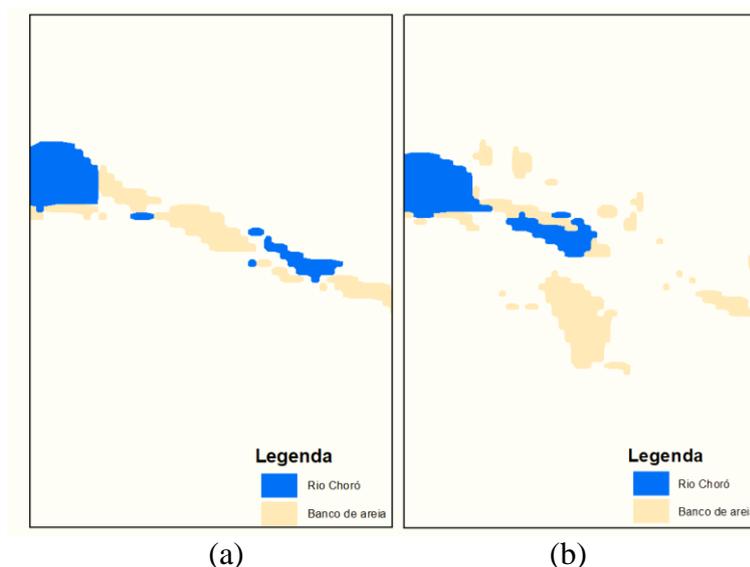


Figura 2 – Evolução espacial dos bancos de areia no leito do Rio Choró na localidade de Criancó em (a) 2013 e (b) 2018

Inicialmente, observa-se na Figura 2 uma destacada mobilidade nos bancos de areia entre o intervalo de cinco anos. Em 2013, o trecho ocupado pelo curso do rio e os bancos de areia apresentam uniformidade espacial. Os bancos de areia já existentes, ocupam um espaço limitado dentro do curso do Rio Choró. Em 2018, essa limitação desaparece dando espaço a dispersão dos areais e ao aumento da extensão dos bancos, conforme mostra a Figura 2(b). Identifica-se também um trecho de ausência de escoamento no leito do rio, decorrente do crescimento da vegetação, que por sua vez, acontece em virtude da obstrução do rio e assoreamento aliados a situação climática e pluviométrica da região.

As atividades de mineração têm provocados impactos negativos diretos nos principais usos do rio. A pesca e captação das águas para o abastecimento da população vêm sendo gravemente afetadas. Em pontos do leito em que ainda se tem acesso a água, a própria comunidade relata a existência de manchas e resquícios de graxa e óleo, vestígios de máquinas que realizam o processo de dragagem. A Figura 3 mostra um trecho do Rio Choró na localidade de Criancó que apresenta os resquícios de poluentes provenientes das atividades.



Figura 3 – Resquícios de poluentes em um trecho do Rio Choró na localidade de Criancó. Fonte: COGERH (2015)

A Figura 4 apresenta a evolução espacial dos bancos de areia no leito do Rio Choró para a localidade de Cruz nos anos de (a) 2013 e (b) 2018.

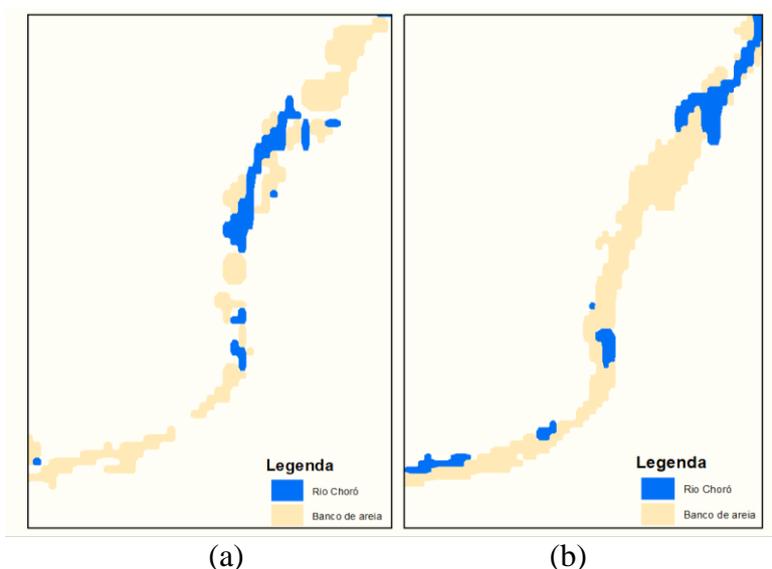


Figura 4 – Evolução espacial dos bancos de areia no leito do Rio Choró na localidade de Cruz em (a) 2013 e (b) 2018

Para a localidade de Cruz, a Figura 4(b) mostra um perfil com maior aporte dos bancos de areia no leito do Rio Choró após o intervalo de cinco anos. Em relação ao curso fluvial, observa-se

imobilidade desses areais caracterizando uma conservação da uniformidade espacial. A dinâmica fluvial, com características intermitentes na região, aliada aos fenômenos de assoreamento e erosão provocados pelas intensas atividades mineradoras, pode ser considerada um dos fatores responsáveis pelo desencadeamento dos processos de formação e desenvolvimento dos areais ao longo da calha.

Como impacto das atividades de mineração, também se observa a ausência da mata ciliar o que ocasiona processos erosivos nas margens do rio, o desmoronamento destas e o alargamento do leito, proporcionando maior evaporação dos recursos hídricos. O desaparecimento da mata ciliar, surge, muitas vezes, decorrentes do assoreamento provocado pela lixiviação das áreas desmatadas ao longo das margens. A Figura 5 mostra os processos de desmatamento e assoreamento nas margens do Rio Choró na localidade de Criancó.



Figura 5 – Desmatamento e assoreamento ao longo das margens do Rio Choró na localidade de Criancó. Fonte: COGERH (2015)

Outro impacto observado é decorrente da utilização do método de dragagem. Este método caracteriza-se pelo sistema de bombeamento para extrair areia no leito do rio. Através de uma draga, a areia e outros materiais localizados no fundo do rio são bombeados e depositados na própria draga ou diretamente enviados para silos (Santos, 2008). No Rio Choró, os pontos de dragagem de areia promoveram o desequilíbrio sedimentar do curso do rio. O leito agora apresenta irregularidade, áreas escavadas e deprimidas, áreas elevadas pelos bancos de areia e desmoronamentos das margens. Essas obstruções aumentam a erosão da calha do rio e provocam a transformação para um leito seco. Essa situação é mais agravada nos meses de estiagem, quando o rio é naturalmente substituído por “buracos” artificiais. A Figura 6 apresenta alguns dos desequilíbrios sedimentares identificados em um trecho do rio Choró na localidade de Cruz.



Figura 6 – Desequilíbrio sedimentar identificado no Rio Choró em Cruz. Fonte: COGERH (2015)

CONCLUSÕES

Através do uso de técnicas de sensoriamento remoto, geoprocessamento e SIG's foi possível identificar a evolução da extensão dos bancos de areia no leito do Rio Choró para as localidades. Embora este trabalho não tenha apresentado dados quantitativos, indicando o aumento das áreas ocupadas pelos bancos de areia, o impacto das atividades de mineração, nos trechos do Rio Choró que passam pelas localidades de Criancó e Cruz, é evidente.

No intervalo de cinco anos, observou-se a instabilidade e variabilidade espacial no comportamento dos bancos de areia para a localidade de Criancó, que teve suas atividades iniciadas somente em 2015. Ou seja, em pouco mais de três anos foi possível identificar mudanças espaciais expressivas nestes bancos e o desaparecimento do escoamento fluvial em alguns trechos. Em Cruz, o desenvolvimento de uma calha fluvial com maior aporte dos bancos de areia teve destaque. Em suma, os impactos negativos se consolidaram nas duas localidades, promovendo a intensificação dos fenômenos de assoreamento, erosão e desmatamento nas margens do rio, poluição do corpo d'água, dentre outros. Vale ressaltar ainda, que esses impactos também podem ter seu tamanho superestimado devido a parcela de contribuição oferecida pelas características intermitente da hidrografia local e períodos de secas frequentes na região de estudo.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem os apoios institucional e logístico oferecidos pela Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES), pela Fundação Cearense de Apoio ao Desenvolvimento Científico e Tecnológico (FUNCAP), pelo Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) e pelo Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil (Recursos Hídricos) da Universidade Federal do Ceará (UFC).

REFERÊNCIAS

- BARSI, J.A.; LEE, K.; KVARAN, G.; MARKHAM, B.L.; PEDELTY, J.A. (2014). “*The Spectral Response of the Landsat-8 Operational Land Imager.*” *Remote Sensing*, 6, pp. 10232-10251.
- BEZERRA, R.G. (2006). “*Hidrodinâmica do estuário do Rio Choró (Cascavel/Beberibe) litoral leste do Estado do Ceará*”. Dissertação (Mestrado) – Departamento de Geologia, Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2006, 83 f.
- CLEMENTE, C.M.S.; LEITE, M.E.; PEREIRA, D.M. (2013). “*Estudo comparado da área de mineração no município de Itabira/MG nos anos de 1985, 1997 e 2007*”. *OBSERVATORIUM: Revista Eletrônica de Geografia* 5(13), pp. 84-100.
- DUARTE, M.J.S.; SILVA, A.L.; LLARENA, M.A.A. (2018). “*Diagnóstico do impacto ambiental causado pela extração de areia na cabeceira do Rio Marés*” in *Anais do III Congresso Nacional de Pesquisa e Ensino em Ciências*, Jun. 2018, 1, ISSN 2525-3999.
- FLEISCHMANN, A. S.; MATTIUIZI, C.; KICH, E.M.; NETO, G.G.R; RUHOFF, A.L.; PAIVA, R.C.D. (2017). “*Avaliação da seca de 2016 do Rio Javaés (bacia do Rio Araguaia) com uso de dados de múltiplos satélites* in *Anais do XVIII Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto*, Santos, Mai. 2017.
- KARASIAK, N. (2019). *Dzetsaka: v3.4.3 (Version v3.4.3)*. Zenodo. [S. 1.].
- LATRUBESSE, E.M.; AMSLER, M.L.; MORAIS, R.P.; AQUINO, S. (2009). “*The geomorphologic response of a large pristine alluvial river to tremendous deforestation in the South American tropics: The case of the Araguaia River*”. *Geomorphology*, 113(3), pp. 239-252.
- LEITE, M. E. (2011). “*Geotecnologias aplicadas ao mapeamento do uso do solo urbano e da dinâmica de favela em cidade média: o caso de Montes Claros/MG*”. Tese (Doutorado em Geografia) – Instituto de Geografia, Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia, 2011, 287 f.
- LELLES, L. C. (2004). “*Avaliação qualitativa de impactos ambientais oriundos da extração de areia em cursos d’água*”. Dissertação (Mestrado) – Programa de Pós-Graduação em Ciência Florestal, Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, Minas Gerais, 2004, 91 f.
- LOBATO, J.C.S.; RIBEIRO, R.M.; SOUSA, R.C.A. (2009). “*Avaliação do processo de extração de areia em cavas no trecho de Jacareí a Pindamonhangaba, São Paulo*” in *Anais do XIV Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto*, Natal, Abr. 2009, INPE, pp. 5405-5412.
- LUZ, A.B.; ALMEIDA, S.L.M. (2012). “*Operações de Lavra de Areia*”, in *Manual de Agregados para Construção Civil*. ed. CETEM, Rio de Janeiro, 2ª Edição, pp.182-193.
- MORAIS, R.O.M.; FLEISCHMANN, A.S.; RUHOFF, A. “*Avaliação preliminar da relação entre bancos de areia e hidrologia no sistema Araguaia-Javaés*”, in *Anais do XXII Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos*, Florianópolis, Santa Catarina, Nov. 2017.
- NOBRE FILHO, P. A.; SABADIA, J.A.B.; DUARTE, C.R.; MAGINI, C.; NETO, J.A.N.; FILHO, W.F.S. (2011). “*Impactos ambientais da extração de areia no canal ativo do Rio Canindé, Paramoti, Ceará*”. *Revista de Geologia*, 24(2), pp. 126-135.

OLIVEIRA, F.L.; MELLO, E.F. (2007). “A mineração de areia e os impactos ambientais na bacia do rio São João, RJ”. Revista Brasileira de Geociências 37(2), pp. 374-389.

PT.CLIMATE-DATA.ORG. (2019). “Clima Barreira: climograma, temperatura e tabela climática Barreira”. [S. l. : s. n.].

SANTOS, D. N. (2008). “Extração de areia e dinâmica sedimentar no alto curso do rio Paraná na região de Porto Rico, PR”. Dissertação (Mestrado), Centro de Pós-Graduação, Pesquisa, e Extensão, Universidade Guarulhos, Guarulhos, SP, 87 f.