



## MORFOMETRIA DE ÁREAS ÚMIDAS IDENTIFICADAS NA CHAPADA DO ARARIPE (BODOCÓ E EXU / PE)

Carolina de Araujo Duarte Pinto <sup>1</sup>  
Mirelle Oliveira Silva <sup>2</sup>  
Jonas Otaviano Praça de Souza <sup>3</sup>

### RESUMO

O estudo investigou quatro áreas úmidas na região de Bodocó/Exu através de uma abordagem metodológica integrada que combinou análises morfométricas baseadas em dados cartográficos e trabalhos de campo. A pesquisa caracterizou os ambientes geomorfológicos, identificando sopés colúvio-eluviais e pedimentos associados a rios intermitentes, com ênfase nos processos de exfiltração hídrica - tanto do tipo difuso (freático) quanto pontual (dinâmico). Foram avaliados os padrões de conectividade hidrológica, analisando as relações verticais (subsúperfcie-súperfcie) e laterais (encostas-áreas úmidas), além dos controles estruturais como declividade e confinamento dos vales. Os resultados demonstraram como fatores naturais (estratigrafia, intemperismo) e antrópicos (impermeabilização) interagem na dinâmica desses sistemas em ambiente semiárido, destacando o papel fundamental dos processos de exfiltração e da conectividade hídrica na manutenção das áreas úmidas.

Palavras-chave: Áreas Úmidas; Hidrogeomorfologia; Conectividade; Chapada do Araripe; Semiárido.

### INTRODUÇÃO

As dinâmicas que ocorrem em áreas de captação de drenagem (erosiva) e em áreas de acumulação (deposicional) carregam características em relação ao perfil longitudinal das encostas, configurando formas côncavas, convexas e retilíneas. A classificação através do Sistema Vertente (CHRISTOFOLETTI, 1980) é caracterizada por processos que ocorrem desde o topo e até a base, partes de um circuito geomorfológico conectado por segmentos ou pontos de inflexão. As vertentes, através do ciclo hidrológico, propiciam ciclos de entrada-saída de energia-matéria, atuando como controladores da sedimentação e da dinâmica superficial das águas.

A Resistência Estrutural (SOUZA e CORREA, 2012) é um desenho potencial de funcionamento para um sistema de conectividade hidrogeomorfológica com processos gradativos e correlatos. As respostas sistêmicas para a composição da transmissibilidade

---

<sup>1</sup> Graduanda do Curso de Geografia da Universidade Federal da Paraíba, cadp@academico.upb.br

<sup>2</sup> Doutoranda em Geografia na Universidade Federal da Paraíba, mirelle.oliveira@academico.ufpb.br

<sup>3</sup> Professor Doutor de Geografia na Universidade Federal da Paraíba, jonas.souza@academico.ufpb.br



relativa tem o seu dimensionamento realizado através de perfis topográficos: longitudinal (entre os trechos do canal fluvial); lateral (entre canal e encosta); vertical (entre superfície e subsuperfície). A classificação varia entre: ligada (livre transmissão); desligada (transmissão temporariamente interrompida); não ligada (descontinuidade de transmissão).

O processo de Pedimentação (GUERRA, 1993) é um processo erosivo aplicado às vertentes interagindo de maneira distinta no topo com predomínio da erosão vertical, nas escarpas e encostas com predomínio da erosão lateral e vertical, e em pedimentos, que funcionam como área deposicional a partir do sopé. Sendo assim, um processo que está diretamente relacionado ao regime de pluviosidade sazonal que configura o semiárido.

As Cabeceiras de Drenagem (MAGALHÃES JÚNIOR et al, 2020) configuram a parte mais elevada de bacias hidrográficas e apresentam características geomorfológicas onde os fluxos biofísicos se movimentam com maior velocidade em função da gravidade, configurando áreas de exsudação que dão origem aos cursos de água superficiais. As feições geralmente são côncavas resultantes de processos denudacionais. A presença de Áreas Úmidas (CUNHA, 2015), ecossistemas na interface entre ambientes terrestres e aquáticos com vegetação e solo adaptados, nestas áreas, têm o potencial de atuar sinalizando desequilíbrios ambientais locais e regionais.

## **MATERIAIS E MÉTODOS**

A extensão territorial Bodocó-Exu tem 2.956 km<sup>2</sup> e está localizada na parte sul da Chapada do Araripe, inserida no bioma Caatinga, com predominância de cobertura vegetal arbustiva sazonalmente seca adaptada às condições climáticas semiáridas. Possui topo tabular contínuo, estruturado por Cobertura Detrito-Laterítica da Formação Exu (Sedimentar, Era Mesozóico Cretáceo), atingindo elevação máxima de 963 m com declividade 3% e é caracterizado pela presença de aquíferos porosos compostos pela predominância de sedimentos do Grupo Barreiras (Sedimentar, Era Cenozóica) com diversidade litológica de arenitos, argilas e conglomerados que acumulam volumes consideráveis de água subterrânea, ocorrendo como aquíferos isolados livres e/ou semiconfinados, ou compondo sistemas aquíferos.

As encostas encaixadas que circundam o topo tabular da extensão territorial apresentam orientação NO-SE e alcançam declividades entre 45% e 75%, com a

presença de bordas escarpadas chegando acima de 75%. As áreas de pedimento com elevação de 437 m, estão associadas à presença de aquíferos fissurais caracterizados por fraturas em decorrência das zonas de cisalhamento que ocorrem entre os limites estruturais com movimento concordante transcorrente dextral entre as unidades Corpo Granitóide Bodocó (Ígnea, Era Paleozoico Cambriano) e a Formação Santana dos Garrotes (Metamórfica, Era Neoproterozóico Toniano). Ocorrendo também nos limites entre as unidades Complexo Barro e Complexo Salgueiro (Ambas da classe Metamórfica, Era Neoproterozóico Toniano).

Neste contexto, as Áreas Úmidas identificadas (SILVA et al, 2020) estão localizadas em rede de drenagem composta pelos Riachos Santo Antônio (P16), São Joaquim (P12), Brígida (P15) e pelo Rio Tabocas (P13), e foram visitadas através de campo exploratório realizado em novembro/2023. Os mapas com a morfometria das Áreas Úmidas foram elaborados através da delimitação de buffer com raio de um quilômetro, a partir das localizações geográficas colhidas em campo através Global Navigation Satellite System (GNSS), modelo Garmin GPSMAP 64s.

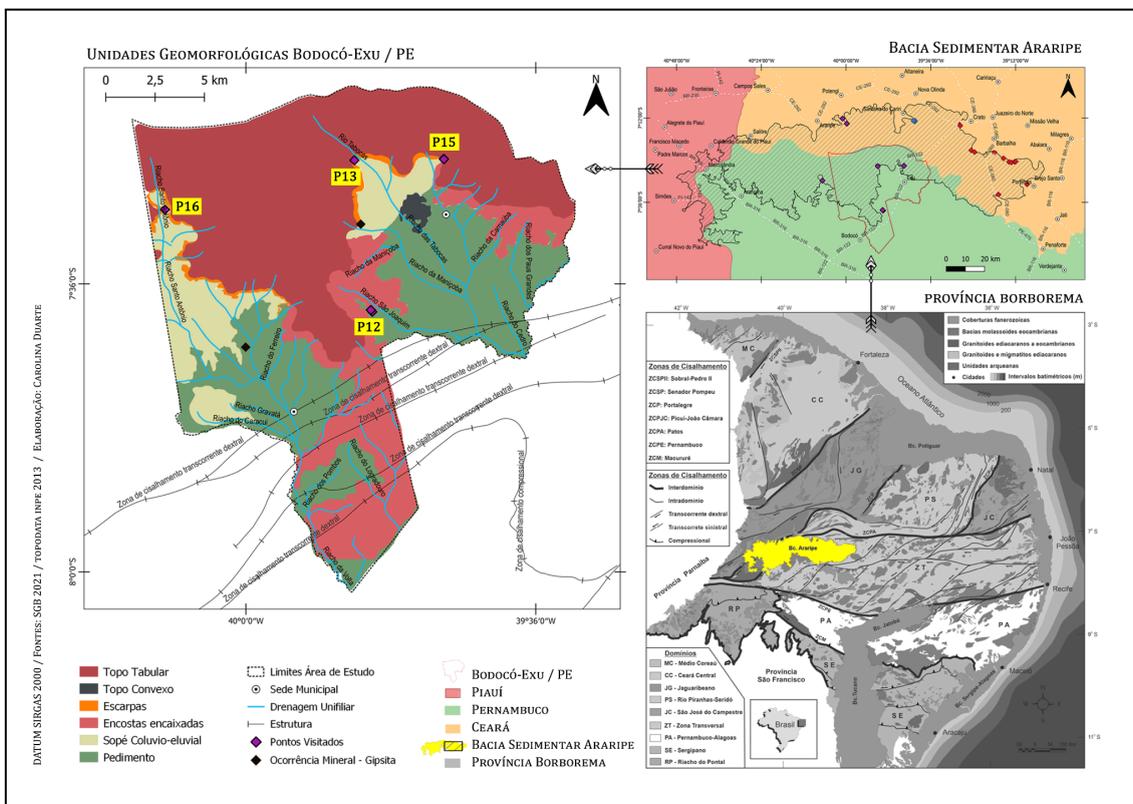


Figura 1: Mapa de localização Áreas Úmidas Identificadas na Chapada do Araripe (Bodocó e Exu / PE).



Os mapas com a informações morfométricas foram elaborados pela plataforma de Sistema de Informações Geográficas (QGIS 3.26.3) com informações do Banco de Dados Geomorfométricos do Brasil (TOPODATA) disponibilizado pelo Instituto Nacional de Pesquisa Espacial (INPE, 2013); do Mapa Geológico da Província Borborema disponibilizado pelo Serviço Geológico do Brasil (CPRM, 2021); e do Mapa Hidrogeológico Região Nordeste (IBGE, 2013).

Em uma área ocupada pela monocultura agrícola no topo da chapada e pela declividade acentuada nas encostas, pela litologia de rochas sedimentares e por solo arenoso, influenciada pelo clima semiárido sazonalmente úmido e com precipitações extremas no início do período chuvoso, configurando assim, fatores que contribuem para a energia cinética das águas e para os processos de erosão remontante. Com isso, para a caracterização do fluxo de drenagem das águas superficiais, foi aplicado o algoritmo *r.watershed* que tem a função de criação de bacias hidrográficas a partir da matriz elevação. E para a análise local no contexto das AUs, foi considerado apenas o resultado referente ao Segmento de Fluxo para cada buffer de 1 Km.

A tabela de atributos foi elaborada através de análises dos dados morfométricos de Sensoriamento Remoto e também de Campo Exploratório, onde a informação de orientação extraída das AUs, possibilitou a identificação das distâncias entre a AU e as encostas, com a indicação de um possível conectividade hidrogeomorfológica através de perfil lateral. A diferença de elevação, a partir das curvas de nível, foi utilizada como uma possibilidade para a delimitação de planícies de inundação nas AUs identificadas. O cálculo dos centróides, a partir das curvas de nível, possibilitou a identificação de lineamentos de interflúvios, com a possibilidade de aplicação às cabeceiras, para delimitar áreas de contribuição dos cursos d'água efêmeros e intermitentes.

## **RESULTADOS E DISCUSSÃO**

A análise das informações morfométricas das bases cartográficas e dos dados coletados em campo exploratório para as quatro AUs na área territorial Bodocó/Exu, estão caracterizadas geomorfológicamente por três ocorrências localizadas em sopé colúvio-eluvial (P13, P15 e P16) e uma ocorrência em pedimento (P12), sendo que todas estão relacionadas a trechos de rios de primeira ordem que funcionam através de regime hidrológico intermitente. Por uma perspectiva do ambiente natural e por



apresentarem domesticação antrópica dos fluxos superficiais convergentes, localmente as AUs podem ser caracterizadas também como canais de ordem zero, por apresentarem trechos com características de vale não canalizado, com morfologia côncava, em que predominam fluxos pluviais convergentes e predomínio de substrato coluvial (MAGALHÃES JÚNIOR et al, 2020).

Duas AUs, a próxima ao Riacho Santo Antônio (P16) e a outra ao Rio Tabocas (P13), estão relacionadas a nascentes, que apresentam-se em duas formas, a primeira está caracterizada por morfologia de exfiltração difusa do tipo freática e a segunda com exfiltração pontual do tipo dinâmica (FELIPPE e MAGALHÃES JÚNIOR, 2020), ambas com sazonalidade perene, localizadas geomorfologicamente em sopés colúvio-eluviais com ocorrência de manto de intemperismo. A morfologia dos sopés colúvio-eluviais destas AUs, está estabelecida por processos químicos e físicos atuantes sob saturação de solo, possibilitando a formação de massas litológicas residuais por decomposição em seu local natural, acima do lençol freático e localizados na base de encostas e escarpas (SUGUIO, 1998).

A ocorrência de contato estratigráfico entre a Cobertura Detrito-Laterítica da Formação Exu (Sedimentar) e a Formação Santana dos Garrotes (Metamórfica), e a presença de aquíferos porosos e fissurais, confluem para a presença de tipos distintos de nascentes, pois através da variabilidade do fluxo subsuperficial do lençol freático é possível ocorrer a exfiltração difusa na superfície, e ao mesmo tempo, o fluxo encontrar fraturas ou camadas condutoras que direcionam a água para exfiltração pontual.

A AU (P12), próxima ao Riacho São Joaquim, é a única localizada em área de pedimento associado às encostas encaixadas, sendo essas unidades geomorfológicas localizadas em áreas de baixadas, declividade suavemente ondulada de 5%, que funcionam como área para acúmulo de sedimentos que são depositados de modo difuso, em forma de um quarto de círculo formando leques aluviais (GUERRA, 1993). Características que propiciam as feições côncavas e o acúmulo de água (MAGALHÃES JÚNIOR et al, 2020).

A AU (P16) está classificada em Plana com Fundo do Vale Canalizado sendo proveniente de canal do rio (Riacho Santo Antônio) com fluxo de superfície resultante de inundações, de subsuperfície, e/ou ainda de encostas adjacentes (SILVA et al, 2020). Com isso, para uma classificação de confinamento, com adaptação para a área mapeada

pelo raio de 1 km, onde a relação estabelecida está entre a ocorrência da AU e as encostas adjacentes, que estão presentes a uma distância de 453 m pela direita e 291 m pela esquerda, sendo assim classificada como canal confinado, pois apresenta um controle estrutural dominante. As demais AUs (P12, P13 e P15), estão classificadas como vales parcialmente confinados, combinando controles estruturais e também deposicionais.

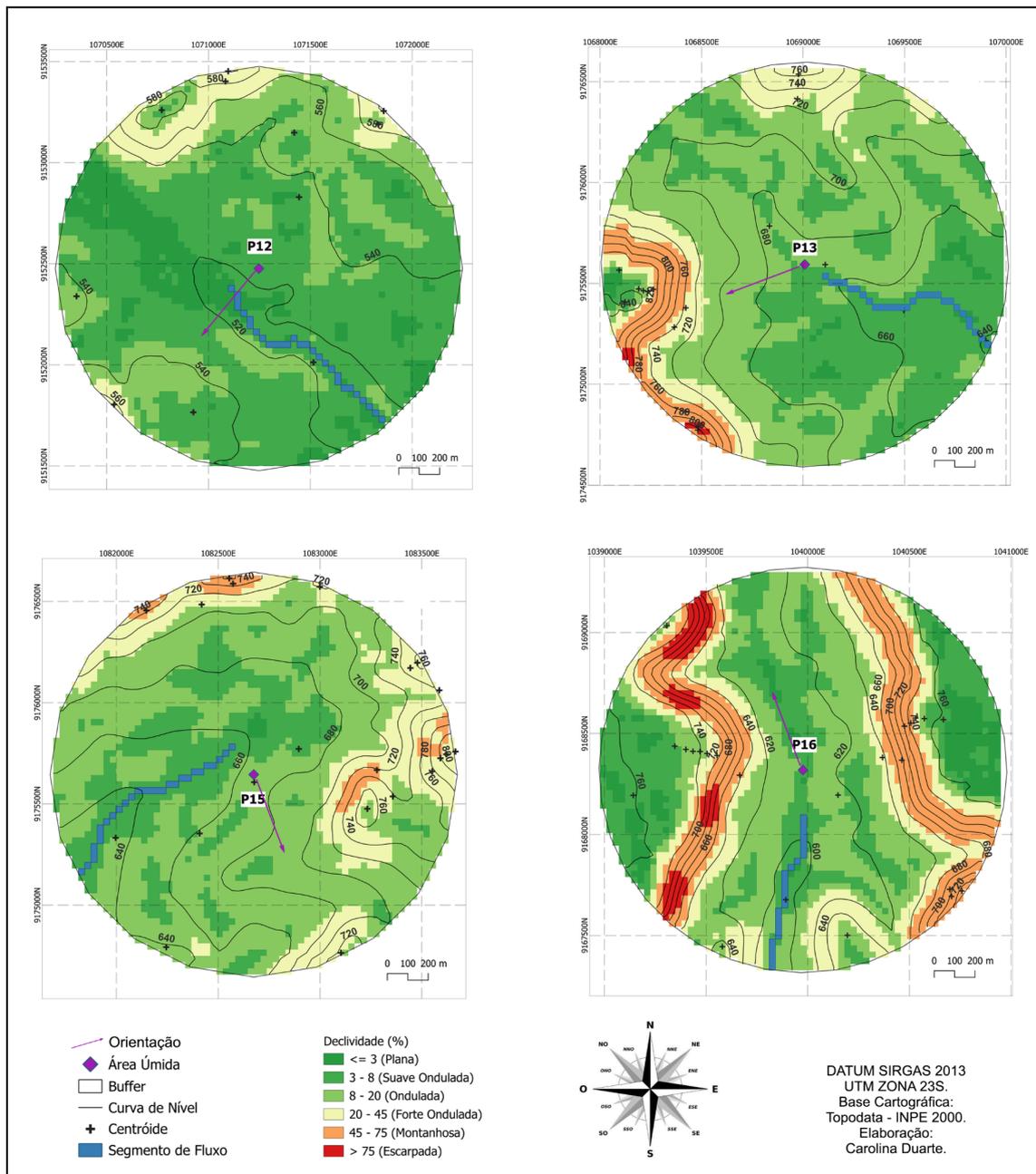


Figura 2: Mapa Morfometria de Áreas Úmidas Identificadas na Chapada do Araripe (Bodocó e Exu / PE)



A ocorrência de nascentes está diretamente ligada à evolução de sistemas fluviais e a presença de áreas úmidas em áreas de sopés e pedimento associadas a nascentes contribuem para a compreensão sobre as dinâmicas atuantes em cabeceiras de drenagem em regiões semiáridas. Os pulsos de cheia, a partir de eventos de chuva, com participação de águas subsuperficiais freáticas são capazes de estabelecer ligações laterais entre a AU e as encostas adjacentes, configurando relações de conectividade hidrológica. Com isso, a partir da classificação proposta por Horton (1945) como citado por (MAGALHÃES JÚNIOR et al, 2020), que relaciona processos geométricos a formação de bacias hidrográficas, parâmetro denominado de escoamento hortoniano, onde o canal principal está perpendicularmente formado em relação a orientação principal da vertente e o fluxo superficial excedente que a partir da saturação do solo, forma um canal secundário com interflúvios paralelos e o extrapolamento em gradiente é escavando sucessivamente.

Pode-se observar, segundo o mapeamento morfométrico em uma escala maior que a de uma bacia hidrográfica, que as AUs (P12, P13 e P15), se consideradas como os canais principais, têm suas orientações locais perpendiculares ao segmento de fluxo das águas superficiais e a partir disso, promovem o desenvolvimento de canais tributários (sulcos e ravinas) em direção ao exutório, ao mesmo tempo que tem erosão remontante do canal principal, que não recebe energia o suficiente para escavar o talvegue e se acumula em função da baixa declividade e composição pedológica de solos hidromórficos, caracterizados em áreas úmidas, predominando assim fluxos laminares. Essa dinâmica, produz suaves interflúvios em relação às encostas, onde estão especializadas as AUs, ou seja, no sopé dessas concavidades. Os centróides aplicados às curvas de nível confluem para essa interpretação, configurando possíveis elevações pontuais que distribuídas podem gerar a concentração de água. A AU (P16) é a única que apresenta o segmento de fluxo na mesma direção de sua orientação local, o que pode estar relacionado às características de confinamento, representadas pelas encostas presentes nas duas margens. E também a ocupação humana causando a impermeabilização do solo e a presença de um único canal.

Em relação a conectividade hidrogeomorfológica, é possível observar que a transmissibilidade de perfil lateral está configurada como ligada, exercendo influência entre as encostas e as AUs (P13 e P16) e em todas ocorre a transmissibilidade através



do perfil vertical, exercendo influência ligada entre a subsuperfície e a superfície espacializada das AUs (SOUZA e CORREA, 2012).

	PT12	PT13	PT15	PT16
<b>Unidade Geomorfológica</b>	Pedimento	Sopé colúvio-eluvial	Sopé colúvio-eluvial	Sopé colúvio-eluvial
Elevação	520 m	665 m	670 m	603 m
Orientação	SO	OSO	SSE	NNO
Declividade	5%	10%	12%	7%
<b>Perfil Lateral</b>	Parcialmente Confinado	Parcialmente Confinado	Parcialmente Confinado	Confinado
Distância Encosta Direita	671 m	554 m	Inexistente no raio de 1 km	453 m
Distância Encosta Esquerda	Inexistente no raio de 1 km	Inexistente no raio de 1 km	371 m	291 m
<b>Conectividade Hidrogeomorfológica</b>				
Dimensionamento	Perfil vertical	Perfil Lateral e vertical	Perfil vertical	Perfil Lateral e vertical
Transmissibilidade	Ligada	Ligada	Ligada	Ligada

*Tabela 1: Atributos Morfométricos das Áreas Úmidas Identificadas na Chapada do Araripe (Bodocó e Exu / PE)*

## CONSIDERAÇÕES FINAIS

A configuração geomorfológica apresentada pela Chapada em questão, a qual deriva das condições estruturais da Bacia Sedimentar do Araripe, favorece o surgimento de Áreas Úmidas, em virtude da disposição morfométrica de Vales estreitos e ‘encaixados’, os quais facilitam o acúmulo de sedimentos, tornando o ambiente favorável ao aparecimento de áreas alagadas.

Todavia, observa-se ainda, como exposto no trabalho, a influência da hidrologia no desenvolvimento destes ambientes. O processo de exsudação do nível freático observado em vários pontos do sopé e encosta da Chapada do Araripe, facilita a manutenção das Áreas Úmidas, periodicamente ou durante todo o ano. Assim, nota-se a interação dos processos geomorfológicos e hidrológicos no surgimento das Áreas Úmidas na área estudada.

Notou-se ainda a partir da discussão proposta neste trabalho, que os pontos analisados, além de se localizarem em áreas de vales, concentram-se em pontos de



declividade plana a suave ondulada, outro critério morfológico analisado quando trata-se da identificação e/ou caracterização de Áreas Úmidas.

Portanto, a análise e caracterização de Áreas Úmidas, implica diretamente na caracterização geológica/geomorfológica e hidrológica. Sabe-se que outros pontos, ao avaliar este tipo de sistema, devem ser considerados, como a vegetação, por exemplo. Todavia, critérios hidrográficos e morfológicos ajudam a compreender o nível de formação, o potencial e as condições estruturais e funcionais do ambiente. Assim, este trabalho, o qual sumariza tais critérios na análise das Áreas Úmidas, pode subsidiar pesquisas futuras, e oportunizar o desenvolvimento de políticas de planejamento eficiente para gestão sustentável destas áreas.

## REFERÊNCIAS

CHRISTOFOLETTI, Antonio. Livro: Geomorfologia. Segunda edição. Cap. 2: Vertentes: processos e formas, Cap. 3: Geomorfologia fluvial. Editora Blucher. 1980.

CUNHA, Catia N; PIEDADE, Maria Teresa F; JUNK, Wolfgang J. Livro: Classificação e Delineamento das Áreas Úmidas Brasileiras e de seus Macrohabitats. Instituto Nacional de Ciência e Tecnologia em Áreas Úmidas - INAU. 2015.

FELIPPE, M. F; MAGALHÃES JÚNIOR, A. P. Capítulo 4: O Estudo Hidrogeomorfológico de Nascentes. Livro: Hidrogeomorfologia: Formas, Processos e Registros Sedimentares Fluviais. Editora Bertrand Brasil. Rio de Janeiro, 1ª Edição, 2020.

GUERRA, Antonio T. Dicionário Geológico-Geomorfológico. IBGE, 1993.

GOMES, C. S; MAGALHÃES JUNIOR, A. P. Artigo: Classes hidrogeomorfológicas de Áreas Úmidas em Minas Gerais. Revista Brasileira de Geomorfologia. (Online), São Paulo, v.21, n.2, (Abr-Jun) p.313-327, 2020.

MAGALHÃES JUNIOR, A. P; BARROS, L. F. P. (Org.). Livro: Hidrogeomorfologia: Formas, Processos e Registros Sedimentares Fluviais. Editora Bertrand Brasil. Rio de Janeiro, 1ª Edição, 2020.

MAGALHÃES JUNIOR, A. P; BARROS, L. F. DE PAULA; LAVARINI, C. Capítulo 2: Unidades Espaciais de Estudo e Elementos do Sistema Fluvial - Bases Conceituais. Livro: Hidrogeomorfologia: Formas, Processos e Registros Sedimentares Fluviais. Editora Bertrand Brasil. Rio de Janeiro, 1ª Edição, 2020.

SILVA, Mirelle O; SOUZA, Jonas O. P; GUERRA, Maria D. F. Dissertação: Identificação e Classificação de Áreas Úmidas em Cabeceiras de Drenagem - Chapada do Araripe, Nordeste do Brasil. Universidade Federal da Paraíba. 2022.



SOUZA, Jonas O. P; CORRÊA, Antonio C. B. Artigo: Cenários evolutivos da conectividade da paisagem em ambiente semiárido–bacia do Riacho do Saco, Serra Talhada, Pernambuco. Revista Brasileira de Geomorfologia, v. 21, n. 1, 2020.

SOUZA, Jonas Otaviano Praça; CORREA, Antonio Carlos Barros. Artigo: Conectividade e Área de Captação Efetiva de um Sistema Fluvial Semiárido: Bacia do Riacho Mulungu, Belém de São Francisco-PE, Soc. & Nat., Uberlândia, Ano 24 N. 2, 319-332, Mai/Ago. 2012.

SUGUIO, Kenitiro. Dicionário de Geologia Sedimentar e áreas afins. Editora Bertrand Brasil. 1998.

SUGUIO, Kenitiro. Livro: Geologia Sedimentar, Cap. 1: Controles morfoestruturais, Processos de sedimentação. 2003.

