

16º Congresso Brasileiro de Geologia de Engenharia e Ambiental

Zonas Úmidas: caracterização e proposição de diretrizes e medidas

Leonardo Santos Salles Varallo ¹; Sandra Momm²; Vitor Vieira Vasconcelos ³; Luiz Felipe Silva ⁴;
Katia Canil ⁵; Maíra Feijó Ottoni Sousa⁶

Resumo - As zonas úmidas apresentam características ambientais sensíveis para a ocupação do solo urbano, referente à prestação de serviços ecossistêmicos, aos riscos de inundação e à instabilidade estrutural de construções civis. Este artigo discute como essas características podem orientar ocupações mais sustentáveis e com menor riscos à população, caso sejam observadas certas diretrizes e cuidados no processo de ocupação. Distinguem-se as Zonas Úmidas de Planícies das Zonas Úmidas de Encostas como ambientes diferenciados em termos hidro-ecológicos, portanto também com distintas diretrizes de ocupação. As diretrizes de ocupação propostas se mostram úteis para subsidiar a elaboração, interpretação e utilização de cartas geotécnicas de aptidão à urbanização.

Abstract - Wet zones have environmental attributes that are relevant to urban land occupation, regarding provision of ecosystem services, flood risk, and structural instability of civil constructions. This paper discusses about how these attributes could lead to a more sustainable land use with less risk for the population, if certain land use guidelines are followed. Plain and hillslope wet zones are distinguished from each other, because they have distinct hydro-ecological contexts, leading to distinct land use guidelines. The proposed land use guidelines are useful for development, interpretation and utilization of geotechnical maps of suitability for urbanization.

Palavras-chave - Zonas úmidas, ocupação urbana, zoneamento, recursos hídricos

1 Engenheiro Ambiental e Urbano – LabGRIS – UFABC. leonardovarallo@gmail.com

2 Professora, Dra., Centro de Engenharia, Modelagem e Ciências Sociais Aplicadas – CECS/ PPGPGT/ LabGRIS – UFABC. sandra.momm@ufabc.edu.br

3 Professor, Dr., Centro de Engenharia, Modelagem e Ciências Sociais Aplicadas – CECS/ PPGCTA/ LabGRIS – UFABC. Tel 11 33567673. vitor.vasconcelos@ufabc.edu.br

4 Graduando em Engenharia Ambiental e Urbana– LabGRIS – UFABC. lfsilva1992@gmail.com

5 Professora, Dra., Centro de Engenharia, Modelagem e Ciências Sociais Aplicadas – CECS/ PPGPGT/ LabGRIS – UFABC. katia.canil@ufabc.edu.br

6 Graduanda em Engenharia Ambiental e Urbana - UFABC. maaottoni@gmail.com

1. Introdução

As áreas úmidas (AUs), segundo INAU (2013), podem ser divididas em i) AU temporárias, lindeiras aos cursos d'água, que variam de primeira a quinta ordem e apresentam pulsos de rápida duração, geralmente localizadas nas encostas, entre os trechos alto e intermediários das bacias hidrográficas e ii) AU permanentes, lindeiras aos cursos d'água de maior ordem, comumente situadas nas planícies mais extensas e entre os trechos médio a baixo das bacias hidrográficas.

Sabe-se que as áreas úmidas estão estreitamente relacionadas com a rede hidrográfica, mas os seus limites não são de fácil determinação. Em tese, os limites laterais coincidem com os das planícies de inundação. Todavia, os processos que esculpem continuamente os cursos d'água, que vão desde a recorrência das inundações anuais, decenais e seculares, até aqueles instantâneos de enxurradas, impõem, também, a necessidade de considerar terrenos sujeitos a outros processos na definição das áreas úmidas, como os locais de convergência de escoamento e afloramento de nível freático (GREGORY et al., 1992, LIMA; ZAKIA, 2017). O limite das extremidades a montante, por exemplo, seriam as nascentes, mas durante parte do ano, ou mesmo durante um evento de chuva, a zona saturada da microbacia se expande consideravelmente, o que implica na necessidade de se considerar também as áreas côncavas adjacentes das cabeceiras como parte integrante das áreas úmidas (LIMA; ZAKIA, 2017).

Nessa perspectiva, as AU expressam áreas onde se concentram os processos e dinâmicas hidroecológicas, configurando áreas de extrema relevância para o ciclo da bacia hidrográfica. O sistema apresenta alta fragilidade e é sensível às alterações do uso do solo, associando desequilíbrios aos processos relacionados. Porém, é notória a distinção dos processos que ocorrem nas áreas úmidas em planícies daquelas localizadas nas encostas e também das suas fragilidades quanto mudanças de uso.

Neste sentido, dada a relevância das AU, é importante que o planejamento das intervenções nestas áreas leve em consideração as características naturais da bacia hidrográfica, bem como as socioterritoriais, de forma a escolher medidas de mitigação, adaptação, prevenção e proteção frente ao processo de ocupação urbana considerando, ainda, cenários como os das mudanças climáticas e eventos extremos. Assim, neste artigo descrevemos o zoneamento, diretrizes de ocupação e medidas estruturais e não estruturais para intervenções em AU, considerando suas características hidroecológicas, mesma abordagem utilizada na elaboração das Cartas Geotécnicas de Aptidão à Urbanização de quatro municípios da Região Metropolitana de São Paulo: Caieiras, Santana de Parnaíba, Itapevi e Itapeçerica da Serra. Os mapeamentos e interpretações detalhados para cada um desses municípios podem ser consultados em Nogueira e Canil (2017).

2. Zoneamento das Áreas Úmidas

Com o objetivo de diferenciar os terrenos sujeitos a processos característicos de encostas e os recorrentes em planícies, foram subdivididos os grupos i. Zonas Úmidas de Encosta (ZUE) e ii. Zona Úmida de Planície (ZUP), conforme mostra o quadro 1. O modelo *HAND* (*Height to the Nearest Drainage*) foi utilizado seguindo o método proposto por Rennó et al. (2008). As planícies fluviais de inundação foram mapeadas como áreas planas adjacentes aos cursos de água, e com a altura em relação ao curso d'água (*HAND*) de até 2 metros. As áreas côncavas, com curvatura menor do que -0,04, segundo método proposto por Galera et al. (2017), foram consideradas no mapeamento quando distantes até 30 metros das demais áreas úmidas.

Fatores	Classe de área úmida
<i>HAND</i> até 2 m ou formas côncavas do relevo distantes até 30 m das manchas do <i>HAND</i>	Zona Úmida de Encosta (ZUE)
<i>HAND</i> até 2 m em geomorfologia planície	Zona Úmida de Planície (ZUP)

Quadro 1. Parâmetros de cruzamento para zoneamento das áreas úmidas. Fonte: elaborado pelos autores

2.1- Zonas Úmidas de Encosta (ZUE)

As ZUE são os principais terrenos que concentram a água coletada na microbacia. A modificação do uso e ocupação do solo nestes locais poderá influenciar na intensidade e frequência de áreas inundadas a jusante, ocasionando ampliação na mancha de inundação e a ocorrência de novas áreas de risco. Nesta zona, é incomum a ocorrência de inundações lentas, pois estas são características das planícies. A figura 1 a seguir apresenta um exemplo desta classe de área úmida.



Figura 1. ZUE de relevo côncavo com potencial de acúmulo de umidade e de escoamento superficial em Santana do Parnaíba. Fonte: elaborado pelos autores

No âmbito da bacia hidrográfica, estas zonas consistem no canal por onde os fluxos de água e sedimentos se concentram, o que torna necessário serem mais severas as diretrizes e restrições à urbanização frente ao restante da bacia. Devido apresentarem maior proximidade vertical do nível freático e das vertentes côncavas, essas zonas tornam-se terrenos de maior fragilidade ambiental. O quadro 2 a seguir apresenta suas principais características.

Zona	Caracterização física	Caracterização hidroecológica
Zona Úmida de Encosta (ZUE)	Zona em que os relevos côncavos coincidem às manchas de <i>HAND</i> de até 2m acima dos corpos d'água (côncavos sobrepostos) ou com até 30 metros de distância destas manchas (côncavos adjacentes).	<p>Zonas de convergência de fluxos de água e de sedimentos devido a forma côncava do relevo e formação dos canais;</p> <p>Importantes para a proteção das nascentes e produção de água por meio da retenção e infiltração de água nas encostas;</p> <p>Áreas de amortecimento do escoamento superficial em caso de inundação rápida e inundação das planícies a jusante;</p> <p>Criam bolsões de umidade com ecossistemas adaptados a essa disponibilidade de água;</p> <p>Tendência a ocorrência de processos de enxurrada em declividades mais acentuadas;</p> <p>No caso de vales encaixados, podem formar corredores ecológicos ripários, coincidindo, em partes, com as áreas de preservação permanente de margens de cursos de água e de nascentes;</p> <p>Contribuem para a estabilização das encostas úmidas;</p> <p>Esses terrenos possuem função para a manutenção da qualidade da água para uso humano, pois funcionam como filtros para as águas pluviais que chegam aos rios por escoamento superficial e subsuperficial;</p> <p>Zonas que possuem cobertura vegetal, florestal ou condições de recuperação nas quais a impermeabilização ou supressão impactará na dinâmica hidrológica da bacia hidrográfica, inclusive em períodos de estiagem.</p>

Quadro 2. Caracterização da Zona Úmida de Encosta - ZUE.

2.2 - Zona Úmida de Planície (ZUP)

As ZUP - Zonas Úmidas de Planície, são formadas pela deposição de sedimentos carregados pelos cursos d'água durante seu extravasamento sazonal. Sua largura está diretamente relacionada à constituição geomorfológica da paisagem e à carga de sedimentos trazidos pelo rio e, em geral, o nível do aquífero freático encontra-se próximo à superfície. Esta zona não possui boa capacidade de decomposição de matéria orgânica devido a baixa circulação de oxigênio no solo saturado (RESENDE et al., 2014). Caso sejam realizadas obras de drenagem que rebaixam o nível freático, os grãos que compõem o solo necessitarão readequar sua estrutura, podendo ocorrer casos de subsidência do terreno. A figura 2 demonstra uma ZUP e o quadro 3 sua caracterização.



Figura 2. Planície de inundação do Rio Tietê em Santana do Parnaíba. Fonte: elaborado pelos autores

Zona	Caracterização física	Caracterização hidroecológica
Zona Úmida de Planície (ZUP)	Zona onde há ocorrência de <i>HAND</i> , com altura de até 2m acima dos corpos d'água, em planície (declividade de 0 a 3%)	<p>Áreas de extravasamento do curso d'água e amortecimento de ondas de cheia;</p> <p>Esses terrenos possuem função para a manutenção da qualidade da água para o uso humano, pois funcionam como filtros para as águas pluviais que chegam aos rios por escoamento superficial e sub-superficial;</p> <p>Vegetação hidrófila adaptada a solos encharcados e com maior teor de matéria orgânica;</p> <p>Presença usual de lagoas marginais temporárias ou permanentes, com retenção de águas, desempenhando importante papel para reprodução de peixes, anfíbios, insetos e outros seres vivos;</p> <p>Zonas que possuem cobertura vegetal, florestal ou condições de recuperação nas quais a impermeabilização ou supressão impactará na dinâmica hidrológica da bacia hidrográfica, inclusive em períodos de estiagem;</p> <p>Solos usualmente com maior teor de argila, e vulneráveis à compactação, no caso de uso para gado e ou agricultura mecanizada, diminuindo os serviços ecológicos associados.</p>

Quadro 3. Caracterização das Zonas Úmidas de Planície - ZUP. Fonte: elaborado pelos autores

3 - Diretrizes de intervenção nas áreas úmidas

Caracterizadas as zonas úmidas e os processos que as constituem, é necessário apresentar diretrizes e medidas adequadas às suas especificidades hidroecológicas e, ainda, considerando se há ou não processos de urbanização em andamento. No quadro 4 a seguir, são apresentadas diretrizes e medidas estruturais e não estruturais para as ZUP e ZUE em duas condições distintas: com urbanização em consolidação ou não urbanizadas (áreas vazias). Considera-se como urbanização em consolidação processos urbanos onde ainda existe um padrão insuficiente de infraestrutura ou infraestrutura incompleta, assim como o nível de precariedade das ocupações e/ou número de lotes vazios.

Zonas	Diretrizes de mitigação e adaptação	Medidas estruturais	Medidas não estruturais
ZUP- com urbanização em consolidação	<p>Considerar no uso e ocupação do solo dessa zona:</p> <p>A existência de processos hidrodinâmicos associados às planícies, como acúmulo de umidade no solo, relativos ao excesso ou falta de precipitação (situações de escassez e inundações/alagamentos);</p> <p>As funções hidroecológicas para preservar a qualidade e quantidade dos recursos</p>	<p>Estimular a construção sobre pilotis e a utilização do segundo pavimento para moradia e atividades permanentes;</p> <p>Não permitir implantação de edificações com pavimento de subsolo;</p> <p>Implantar sistemas de retardamento/armazenamento do fluxo da água para contenção de</p>	<p>Promover a fiscalização por órgão responsáveis (se possível com participação da comunidade) de áreas para evitar sua ocupação</p> <p>Desenvolver projetos de educação ambiental para percepção de risco da comunidade do entorno;</p> <p>Implantar sistemas de alerta de inundação;</p> <p>Investigar presença de</p>

Quadro 4. Características naturais das zonas úmidas e medidas de intervenção. (Continuação)

Fonte: elaborado pelos autores

	<p>hídricos, a paisagem, a estabilidade geológica e a biodiversidade, facilitar o fluxo gênico de fauna e flora, proteger o solo;</p> <p>Os riscos às edificações e riscos difusos (agravamento dos eventos de escassez e de inundação) devido a consolidação e adensamento da urbanização nessas zonas;</p> <p>O aumento na frequência e na intensidade de eventos extremos, associados aos cenários de mudanças climáticas, potencializando riscos urbanos ao excesso ou escassez de precipitação (secas, inundações lentas e rápidas, temporais);</p>	<p>enchentes e aproveitamento das águas pluviais;</p> <p>Promover a estabilização de recalques por meio de técnicas de adensamento e de melhoria da capacidade de suporte do solo;</p> <p>Realocar usos e ocupações atuais vulneráveis a inundações sempre que possível;</p>	<p>solos moles objetivando evitar construções nessas áreas impróprias;</p> <p>Congelar uso e ocupação atual dos lotes;</p> <p>Reduzir a Taxa de Ocupação (TO) dos terrenos;</p> <p>Reduzir o Coeficiente ou Índice de aproveitamento dos terrenos (CA ou IA);</p> <p>Não permitir novos desmembramentos de glebas de terra bem como implantação de novos loteamentos;</p> <p>Promover a transferência do direito de construir (instrumento do Estatuto da Cidade) para terrenos aptos à ocupação;</p>
<p>ZUP não urbanizada</p>	<p>Considerar no uso e ocupação do solo dessa zona:</p> <p>A existência de processos hidrodinâmicos associados à planície como acúmulo de umidade no solo relativos ao excesso ou falta de precipitação (situações de escassez e inundações/alagamentos);</p> <p>As funções hidroecológicas para preservar a qualidade e quantidade dos recursos hídricos, a paisagem, a estabilidade geológica e a biodiversidade, facilitar o fluxo gênico de fauna e flora, proteger o solo;</p> <p>Os riscos difusos (agravamento dos eventos de escassez e de inundação) ao longo dos cursos de água e da bacia hidrográfica da ocupação dessas zonas, diminuindo a permeabilidade;</p> <p>O aumento na frequência e na intensidade de eventos extremos, associados aos cenários de mudanças climáticas, potencializando riscos urbanos associados ao excesso ou escassez de precipitação (secas, inundações lentas e rápidas, temporais).</p> <p>Garantir a manutenção das funções ecossistêmicas das zonas úmidas e promover usos compatíveis;</p> <p>Preservar qualidade e</p>	<p>Implantar infraestruturas verde e estruturas capazes de mitigar os efeitos relacionados com inundação e garantir a flutuação natural do nível d'água;</p> <p>Permitir usos não edificados, como parques lineares, campos de futebol, sistemas de produção ecológicos (hortas e pomares), academias ao ar livre, etc.</p>	<p>Identificar áreas sujeitas a inundação por meio de sinalização;</p> <p>Promover a fiscalização por órgão responsáveis e (se possível com participação da comunidade) de áreas para evitar sua ocupação;</p> <p>Realizar campanhas de conscientização para evitar o descarte de entulhos e lixo;</p> <p>Promover a Implantação de infraestrutura verde por meio de projetos do poder público, iniciativa privada ou trabalho comunitário.</p> <p>Promover a isenção de impostos ou pagamento por serviços ambientais para proprietários;</p> <p>Promover a transferência do direito de construir (instrumento do Estatuto da Cidade) para terrenos aptos a ocupação.</p>

Quadro 4. Características naturais das zonas úmidas e medidas de intervenção. (Continuação)

Fonte: elaborado pelos autores

	<p>quantidade recursos hídricos;</p> <p>Controlar processos de erosão, assoreamento, e solapamento das margens dos cursos d'água;</p> <p>A função hidroecológica dessas zonas para a manutenção dos serviços ecossistêmicos (considerando os períodos de estiagem e inundação) e a legislação ambiental, deve-se evitar sua ocupação, mantendo-as como zonas protegidas e com usos compatíveis com essa função.</p>		
<p>ZUE com urbanização em consolidação</p>	<p>Considerar no uso e ocupação do solo dessa zona:</p> <p>A existência de processos hidrodinâmicos associados às encostas, como acúmulo de umidade no solo, relativos ao excesso ou falta de precipitação (situações de escassez e enxurrada);</p> <p>As funções hidroecológicas para preservar a qualidade e quantidade dos recursos hídricos, a paisagem, a estabilidade geológica e a biodiversidade, facilitar o fluxo gênico de fauna e flora e proteção do solo;</p> <p>Os riscos às edificações e riscos difusos (agravamento dos eventos de escassez e de inundação a jusante da encosta) devido a consolidação e adensamento da urbanização nessas zonas;</p> <p>O aumento na frequência e na intensidade de eventos extremos, associados aos cenários de mudanças climáticas, potencializando riscos urbanos ao excesso ou escassez de precipitação (secas, inundações lentas e rápidas, temporais);</p>	<p>Implantar sistemas de drenagem, obras de redução da energia de escoamento (escadas hidráulicas e caixas);</p> <p>Implantar sistemas de piscinilhas e aproveitamento de água pluvial.</p> <p>Autorizar novas ocupações somente mediante medidas de retenção de água em lote;</p> <p>Estimular implantação de áreas permeáveis com usos econômicos como hortas</p>	<p>Realizar estudos geotécnicos sobre o comportamento dos solos e riscos associados;</p> <p>Desenvolver projetos de educação ambiental para percepção de risco da comunidade do entorno;</p> <p>Promover fiscalização dos sistemas de abastecimento de água, esgoto e drenagem para reparo de vazamentos;</p> <p>Promover a fiscalização por órgão responsáveis (se possível com participação da comunidade) de áreas para evitar sua ocupação;</p> <p>Promover a sinalização dessas áreas sujeitas a riscos geotécnicos e de inundação rápida;</p> <p>Congelar uso e ocupação atual dos lotes;</p> <p>Reduzir a Taxa de Ocupação (TO) dos terrenos;</p> <p>Reduzir o Coeficiente ou Índice de Aproveitamento (CA ou IA) dos terrenos;</p> <p>Não permitir novos desmembramentos de glebas de terra bem como implantação de novos loteamentos;</p> <p>Promover a transferência do direito de construir (instrumento do Estatuto da Cidade) para terrenos aptos a ocupação.</p>

Quadro 4. Características naturais das zonas úmidas e medidas de intervenção. (Continuação)

Fonte: elaborado pelos autores

ZUE não urbanizadas	Considerar no uso e ocupação do solo dessa zona:		Promover a fiscalização por órgãos responsáveis e (se possível com participação da comunidade) de áreas para evitar sua ocupação;
	Considerando a função hidroecológica dessas zonas para a manutenção dos serviços ecossistêmicos (considerando os períodos de estiagem e alta pluviosidade) e a legislação ambiental, deve-se evitar sua ocupação, criando mecanismos para a definição dessas áreas como zonas protegidas e com usos compatíveis com essa função	Recuperação de áreas degradadas com vias a recuperação da vegetação nativa; Aproveitamento das águas pluviais	Promover campanhas de conscientização para evitar o descarte de entulhos e lixo; implantação de infraestrutura verde. Isenção de impostos ou pagamento por serviços ambientais para proprietários; Estimular a transferência do direito de construção para terrenos aptos a ocupação

Quadro 4. Características naturais das zonas úmidas e medidas de intervenção. (Continuação)

Fonte: elaborado pelos autores

4 - Conclusão

A incorporação do conceito de zonas úmidas traz avanços as cartas geotécnicas de aptidão à urbanização, pois considera os serviços ecossistêmicos dessas zonas e as demais restrições à ocupação do solo, incluindo, por exemplo, os períodos de escassez e seus riscos associados. A diferenciação entre áreas úmidas de planície e de encosta permite fornecer diretrizes distintas, apropriadas às especificidades na microbacia e aos diferentes níveis de urbanização (não urbanizada e urbanização em consolidação). A conjugação entre o modelo *HAND*, o mapeamento geomorfológico de planícies fluviais de inundação e a topologia de adjacência à áreas côncavas permitiu avançar na metodologia de mapeamento das zonas úmidas. Os resultados são relevantes para a gestão ambiental e para o planejamento territorial considerando, principalmente, as medidas de prevenção frente aos cenários das mudanças climáticas e de eventos extremos.

Referências:

ATTANASIO, C. M.; GANDOLFI, S.; ZAKIA, M. J.; VENIZIANI JUNIOR, J. C. T.; LIMA, W. P. (2012). A importância das áreas ripárias para a sustentabilidade hidrológica do uso da terra em microbacias hidrográficas. *Bragantia*, v. 71, pp. 493 - 501.

GALERA, R. A.; BRITO, C. O. ; CAMPOS, F. S. ; ANTUNES, J. S. ; CANIL, K. Modelo digital de curvatura côncava para determinação de unidades geotécnicas de aptidão à urbanização. In: XVIII SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO, 2017, Santos. Anais. São José dos Campos: INPE.

GREGORY, S.V.; F.J. SWANSON; W.A. McKEE; K.W. CUMMINS, 1992. An ecosystem perspective of riparian zones. *BioScience*, 41 (8):540-551.

INAU – Instituto Nacional de Ciência e Tecnologia em Áreas Úmidas (Mato Grosso) (Ed.). Definição e classificação das áreas úmidas (AUs) brasileiras: Base científica para uma nova política de proteção e manejo sustentável. Cuiabá, 2013. 67 p. Disponível em: <http://www.inau.org.br/classificacao_areas_umidas_completo.pdf>. Acesso em: 29 jun. 2017.

LIMA, W. P.; ZAKIA, M. J. B.. Hidrologia de Matas Ciliares. Publicado em Instituto de Pesquisas e Estudos Florestais. Disponível em: <<http://www.ipef.br/hidrologia/mataciliar.asp>>. Acesso em: 28 nov. 2017

NOGUEIRA, F.R.; CANIL, K. (coord.) Carta geotécnica de aptidão à urbanização: instrumento de planejamento para prevenção de desastres naturais nos municípios de Caieiras, Itapeverica da Serra, Itapevi e Santana de Parnaíba, Estado de São Paulo. Santo André: Universidade Federal do ABC. Relatório Final. 2017. 133p.

RENNÓ, C. D., NOBRE, A. D., CUARTAS, L. A., SOARES, J. V., HODNETT, M. G., TOMASELLA, J., & WATERLOO, M. J. HAND, a new terrain descriptor using SRTM-DEM: Mapping terra-firme rainforest environments in Amazonia. *Remote Sensing of Environment*, v. 112, n. 9, 2008, pp. 3469-3481.

RESENDE, M., CURI, N. RESENDE, S.B., CORRÊA, G.F. *Pedologia: Base para a Distinção de Ambientes* - 6ª ed. Editora UFLA, 2014.