

Artigo Original / Artículo Original / Original Article

Fertilidade natural de solos aluviais na Amazônia

Fertilidad natural de los suelos aluviales en la Amazonía

Natural fertility of alluvial soils in the Amazon

Juan Daniel Villacis-Fajardo^{1*} ; Luis Alberto Arévalo-López² ; Ana María Rengifo-Panduro² ; Nancy Andrea Villacis-Fajardo³ 

¹Instituto Nacional de Pesquisas da Amazonia, Amazonas, Brasil

²Universidad Nacional Autónoma de Alto Amazonas, Yurimaguas, Perú

³Universidad Nacional de la Amazonía Peruana, Iquitos, Perú

RESUMO

Um estudo foi realizado em solos cobertos por várzea no Amazonas, Brasil, para comparar a fertilidade do solo e avaliar como os atributos químicos são distribuídos em vários sistemas de uso da terra. Em cinco municípios, foram coletadas amostras de solo de pastagens, matas secundárias e campos de cultivo em três profundidades. Para comparar os sistemas de terraformação, 12 nutrientes foram examinados e um planejamento fatorial experimental foi usado. Os resultados mostraram que os solos da várzea apresentam altas concentrações de macro e micronutrientes, destacando-se as florestas como as de maior fertilidade e as lavouras com os menores teores de C e N. Houve diferenças na disponibilidade de nutrientes entre as culturas secundárias florestas e campos agrícolas. A maioria dos sistemas de uso da terra em exibição apresentou baixos níveis de C e N, confirmando que o N é um fator limitante significativo para a produção agrícola nas regiões de várzea amazônica. As descobertas indicam que a manutenção da fertilidade do solo nas zonas de várzea amazônica depende da preservação da floresta.

Palabras clave: fertilidade; nutrientes essenciais; produção de cultivos; solo de várzea

RESUMEN

Se llevó a cabo un estudio en suelos de llanuras aluviales en Amazonas, Brasil, para comparar la fertilidad del suelo y evaluar cómo se distribuyen los atributos químicos en varios sistemas de uso de la tierra. En cinco municipios se recolectaron muestras de suelo de pastizales, bosques secundarios y campos de cultivo a tres profundidades. Para comparar los sistemas de terraformación, se examinaron 12 nutrientes y se utilizó un diseño factorial experimental. Los hallazgos mostraron que los suelos de planicie aluvial presentan altas concentraciones de macro y micronutrientes, destacándose los bosques como los de mayor fertilidad y los cultivos con los niveles más bajos de C y N. Hubo diferencias en la disponibilidad de nutrientes entre el bosque y los cultivos secundarios y campos agrícolas. La mayoría de los sistemas de uso de la tierra expuestos mostraron niveles bajos de C y N, lo que confirma que el N es un factor limitante significativo para la producción agrícola en las regiones amazónicas de planicie aluvial. Los hallazgos indican que el mantenimiento de la fertilidad del suelo en las zonas inundables amazónicas depende de la preservación del bosque.

Palabras clave: fertilidad; nutrientes esenciales; producción de cultivos; suelo inundable

ABSTRACT

A study was conducted on floodplain-covered soils in the Amazonas, Brazil, to compare the fertility of the soil and assess how chemical attributes are distributed throughout various land-use systems. In five municipalities, samples of soil from pastures, secondary forests, and cultivation fields were collected in three depths. To compare the terraforming systems, 12 nutrients were examined, and an experimental factorial design was used. The findings showed that the soils of the floodplain have high concentrations of macro and micronutrients, highlighting the forests as having the highest levels of fertility and the crops as having the lowest levels of C and N. There were differences in the availability of nutrients between secondary forests and agricultural fields. The majority of the land use systems on display had low levels of C and N, confirming that N is a significant limiting factor for agricultural production in the Amazonian floodplain regions. The findings imply that maintaining the soil's fertility in the Amazonian floodplain zones depends on forest preservation.

Keywords: fertility; essential nutrients; crop production; floodplain soil

Cómo citar / Citation: Villacis-Fajardo, J. D., Arévalo-López, L. A., Rengifo-Panduro, A. M. & Villacis-Fajardo, N. A. (2023). Fertilidade natural de solos aluviais na Amazônia. *Revista Peruana de Investigación Agropecuaria*. 2(1), e32. <https://doi.org/10.56926/repia.v2i1.32>

Recibido: 15/01/2023

Aceptado: 18/03/2023

Publicado: 20/04/2023

*Juan Daniel Villacis-Fajardo - davifa2840@gmail.com (autor de correspondencia)



Los autores. Este es un artículo de acceso abierto, distribuido bajo los términos de la Licencia Creative Commons Atribución 4.0 Internacional

1. INTRODUÇÃO

Na planície amazônica encontram-se as duas principais unidades da paisagem, que são consideradas ecossistemas específicos com suas próprias peculiaridades: a terra firme e as várzeas. O termo "terra firme" designa terras não inundadas pelos rios, compostas por solos minerais não submetidos a processos hidromórficos. Para os ecossistemas das "várzeas", as áreas estão sujeitas a inundações periódicas, ocasionadas pelos rios de águas brancas, na época das cheias (Sioli, 1951; Sioli, 1984; Junk et al., 2011; Alves Batalha et al., 2014).

Geologicamente, as várzeas podem ser divididas em duas; as formadas no Pleistoceno, (cerca de 18.000 anos) e as formadas no Holoceno (cerca de 5.000 anos). Os ecossistemas de várzea na Bacia Amazônica representam uma área de aproximadamente 200.000 km² (Salati et al., 1983; (Alves Batalha et al., 2014; Furch, 2000; Villacis Fajardo et al., 2009). As várzeas Holocênicas são mais jovens e possuem os solos mais férteis de toda a Amazônia, dada à deposição periódica de sedimentos resultante das inundações anuais, formando regularmente uma camada nova de sedimentos proveniente dos Andes (Irion, 1984; Teixeira et al., 2018).

Do ponto de vista pedológico, os solos da várzea apresentam pouco ou nenhum desenvolvimento do perfil do solo e representam as ordens dos Neossolos Flúvicos, Gleissolos, Organossolos e Vertissolos, podendo ser eutróficos ou distróficos dependendo de sua localização topográfica, e da qualidade das águas e dos sedimentos que os inundam (EMBRAPA, 1997).

Nos últimos 35 anos, a ocupação das várzeas da Amazônia, tem se intensificado, especialmente com plantios de ciclo curto (feijão, arroz, milho, melancia, etc.), fibras (malva, juta) e hortaliças (couve, maxixe, etc), além das atividades mais tradicionais de pesca, pecuária, fruticultura e extração de madeira (Vieira, 1992; Rios, 2016; Collado-Panduro & Alegre-Horihuela, 2020). A pecuária bovina e bubalina têm sido questionadas principalmente em função dos impactos no ecossistema. As várzeas são consideradas por alguns autores como ecossistemas mais adequados na Amazônia para a criação desses animais, devido às boas qualidades forrageiras das herbáceas nativas (Dias-Filho & Soares de Andrade, 2008; Valentim & Andrade, 2009; Santos et al., 2017).

Esse estudo foi realizado no contexto do projeto de extensão Provárzea/PNUD, intitulado "Agricultura e Pecuária: Diagnóstico e Proposta para a Melhoria do Uso do Solo da Várzea", onde vários especialistas estudaram e avaliaram o manejo e utilização da várzea para a agricultura e pecuária sob o ponto de vista técnico, econômico, social e ecológico.

2. MATERIAIS E MÉTODOS

Este estudo foi realizado entre os meses de outubro e novembro de 2003, no Estado do Amazonas de Brasil, em cinco municípios localizados nas microrregiões do baixo rio Solimões (Manacapuru, Iranduba e Careiro da Várzea) e do médio rio Amazonas (Itacoatiara e Silves) em áreas de várzea da Amazônia Central. A região visitada está localizada entre as coordenadas 3°00' a 3°15'S; 59°30' a 60°00'W, compreendendo a área territorial dos municípios (Figura 2).

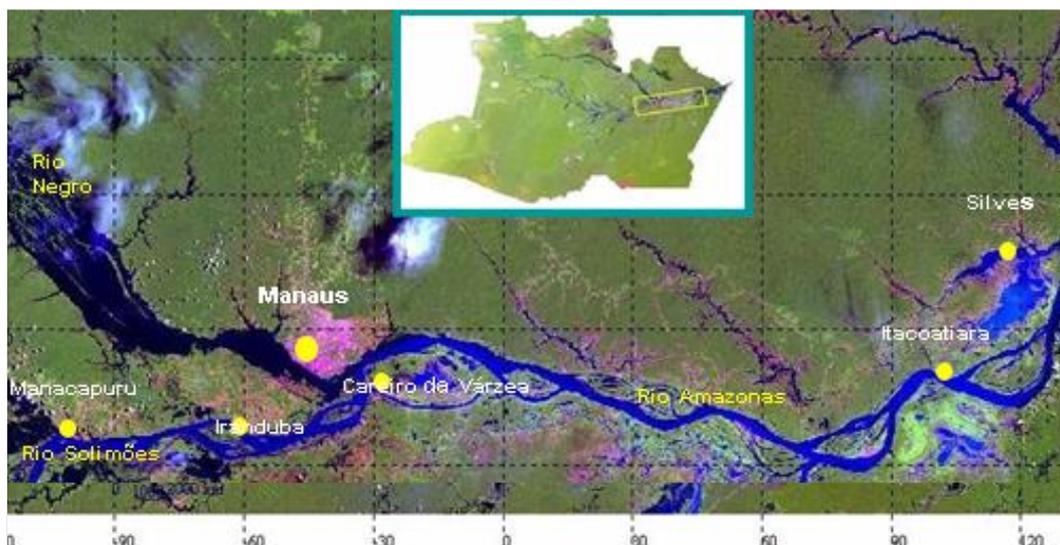


Figura 1. Imagem em satélite, da calha principal dos rios Solimões/Amazonas, demonstrando a localização dos cinco municípios visitados para amostragem de sistemas de uso do solo, em áreas de várzea, na Amazônia Central

As coletas foram feitas durante o período seco. Após a definição das áreas a serem estudadas, foram amostradas cinco formas de uso da terra da várzea, sendo selecionados nove locais entre os diferentes municípios visitados: abrangendo duas capoeiras (Capoeira-1, Capoeira-2), seis roças (Roça-1, Roça-2, Roça-3, Roça-4, Roça-5 e Roça-6), e uma pastagem (Pastagem-1). Doravante, essa designação dos tipos de uso do solo foi adotada para caracterizar os diferentes locais da várzea. Obedecendo-se a localidade já mencionada para cada município, quatro áreas foram prospectadas em Silves, três em Itacoatiara, e, uma área nos municípios de Maracápurú e de Iranduba.

As espécies mencionadas na descrição sucinta dos locais selecionados para este estudo estão listadas na Tabela 1. Como pode ser verificado, um grupo variado de plantas são cultivadas para produção de alimentos (frutos, tubérculos, hortaliças, etc.), para um produto econômico (malva, seringa, capim, etc.).

Tabla 1. Informações botânicas e taxonômicas das espécies encontradas em diferentes sistemas de uso do solo nas áreas de várzea, localizados em cinco municípios e localidades, na calha dos rios Amazonas/Solimões, Amazônia Central

Nome popular	Nome Científico	Família botânica
Açaí	<i>Euterpe oleracea</i> Mart.	Arecaceae
Cacau	<i>Theobroma cacao</i> L.	Sterculiaceae
Capim brachiária	<i>Brachiaria decumbens</i> Stapf.	Poaceae
Canarana	<i>Echinochloa polystachya</i> Kunth.	Poaceae Caxinguba
Canarana	<i>Echinochloa polystachya</i> Kunth.	Poaceae Caxinguba
Couve	<i>Brassica oleracea</i> L.	Cruciferae
Cupuaçu	<i>Theobroma grandiflorum</i>	Sterculiaceae
Embaúba	<i>Cecropia sciadophylla</i> Mart.	Cecropiaceae
Feijão caupi	<i>Vigna unguiculata</i> (L.) Walp.	Leg. Papillioideae
Fruta pão	<i>Artocarpus altilis</i> (Parkins.) Fosb.	Moraceae
Malva	<i>Urena lobata</i> L.	Malvaceae
Mandioca, macaxeira	<i>Manihot esculenta</i> Crantz.	Euphorbiaceae

Tabla 1. *Continuación ...*

Manga	<i>Mangifera indica</i> L.	Anacardiaceae
Melancia	<i>Citrulus vulgaris</i> Schrad	Cucurbitaceae
Munguba	<i>Pseudobombax munguba</i> Mart.	Bombacaceae
Milho	<i>Zea mays</i>	Poaceae
Seringa	<i>Hevea brasiliensis</i> (Willd.ex.Juss.) Arg.	Euphorbiaceae
Tachi	<i>Triplaris surinamensis</i> Cham.	Polygonaceae

Em cada sistema de uso da terra, foi demarcada uma área de aproximadamente 45 x 30 m, dividida em três sub-parcelas. Nas áreas com dimensões menores (principalmente no caso das roças), o total da área considerada como parcela foi dividida do mesmo modo correspondendo às repetições.

As amostragens de solo foram efetuadas com o auxílio de um trado Holandês de diâmetro 3", nas profundidades de 0-10, 10-20 e 20-40 cm. Para as profundidades de 0-10 e 10-20 cm foram coletadas em cada parcela seis amostras simples de solo, que foram homogeneizadas para formar uma única amostra composta. Para a profundidade de 20-40 cm, a amostra composta foi constituída por apenas três amostras simples por parcela.

As análises do solo foram conduzidas no Laboratório Temático de Solos e Plantas do INPA, no Campus do V-8 em Manaus. As seguintes características químicas foram determinadas: pH em água, carbono orgânico, e nitrogênio total, fósforo, potássio, cálcio, magnésio, alumínio, cobre, zinco, manganês e ferro (EMBRAPA, 1997). O carbono orgânico e o nitrogênio total foram determinados por um Auto-Analizador CHN (Carlo Erba). Para toda as determinações dos atributos químicos do solo, considerados nesta pesquisa, foram efetuadas 3 repetições.

Para interpretação dos resultados, foram consideradas separadamente as determinações químicas para os diferentes usos do solo bem como para as profundidades de 0-10, 10-20 e 20-40 cm, nos ambientes da várzea, adotou-se o delineamento inteiramente casualizado, com um arranjo fatorial que variou para os ambientes da várzea. Na várzea, considerou-se a combinação de 9 tipos de uso da terra, com 3 profundidades, em arranjo fatorial 9 x 3, composto por 27 tratamentos e três repetições. Por razões estatísticas, os dados em porcentagem (carbono e nitrogênio) foram transformados para arcoseno da $\sqrt{x + 0,01}$ (Centeno, 1990; Scaloppi Junior, 2007), para efeito de análise. Dados do alumínio, ausente em alguns horizontes do solo, foram transformados para $\sqrt{x + 0,01}$. Para as comparações entre médias adotou-se o teste de Tukey, no nível de 1% de probabilidade ($P < 0,01$). Para a estatística dos dados o programa utilizado foi o Estat.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

A calha do rio Amazonas tem um potencial histórico na região, de ser uma área importante da Amazônia para produção de alimentos, devido à alta fertilidade natural dos solos sedimentares que ocorrem nas margens deste rio. Esta região da Amazônia permanece pouco ocupada atualmente, predominando a mata natural das várzeas com suas variações relacionadas com a altitude do terreno e duração do período de alagamento anual, e assim, matas mais jovens e mais ricas em espécies pioneiras são verificadas mais próximas da margem dos rios (Santiago et al., 2021), e são caracterizadas como de "várzea" (Ayres, 2006; Ayres et al., 2018).

Efeito da profundidade do solo nas características da fertilidade natural em áreas de várzea da calha do rio Amazonas na Amazônia Central

Segundo Junk (2020), na várzea os ciclos anuais de inundação resultam em variações altamente significativas na distribuição de nutrientes nas camadas superficiais do solo, e para todos os parâmetros analisados nesta pesquisa (Tabela 2), houve diferenças significativas ($P < 0,01$) entre as camadas prospectadas. Para o pH, foi observada uma tendência de acidificação com o aumento da profundidade do perfil, de modo que na superfície do solo a acidez é moderada, passando para elevada no horizonte 20-40 cm. Por outro lado, a distribuição do alumínio trocável nas camadas superficiais do solo é bastante variada, constatando-se níveis medianos em todo o perfil, porém a atividade do alumínio é maior na condição mais ácida verificada no horizonte 20-40 cm (Tabela 2).

Tabla 2. Avaliação de atributos químicos nas camadas superficiais do solo de várzea, coletado em diferentes sistemas de usos, nos municípios estudados, na Amazônia Central

Elementos químicos	Profundidade do solo (cm)			var. (%)	Coef. de Teste F
	0-10	10-20	20-40		
pH	5,73 a	5,43 b	5,09 c	3,7	67,3**
Ca ⁺⁺ (cmol _c kg ⁻¹)	9,08 b	9,07 b	10,0 a	12,8	5,2**
Mg ⁺⁺ (cmol _c kg ⁻¹)	2,61 c	2,87 b	3,86 a	10,1	120,0**
K ⁺ (cmol _c kg ⁻¹)	0,35 b	0,35 b	0,43 a	13,6	19,3**
P (mg kg ⁻¹)	98 a	77 b	47 c	11,7	227,8**
N (%)	0,12 a	0,07 b	0,06 c	8,4	77,9**
C (%)	1,33 a	0,68 b	0,56 c	10,3	82,0**
Zn ⁺⁺ (mg kg ⁻¹)	7,65 b	6,90 b	11,20 a	27,2	25,9**
Mn ⁺⁺ (mg kg ⁻¹)	185 a	122 b	195 a	19,8	38,3**
Cu ⁺⁺ (mg kg ⁻¹)	4,80 b	4,30 b	7,15 a	16,4	79,6**
Fe ⁺⁺ (mg kg ⁻¹)	867 a	574 b	986 a	24,2	31,8**
Al ⁺⁺⁺ (cmol _c kg ⁻¹)	1,31 b	0,86 c	1,44 a	21,7	27,4**

Nota: Médias seguidas de mesma letra nas linhas não diferem entre si no nível de 1% de probabilidade ($P < 0,01$); ns - não significativo

Para o cálcio, magnésio e potássio, foi verificado na várzea um incremento significativo ($P < 0,01$), da concentração destes elementos com a profundidade do solo, um fenômeno mencionado também por Teixeira et al. (2018), de modo que nas camadas superficiais (0-10 cm), há menos teores destes cátions trocáveis que nas camadas mais profundas do solo (20-40 cm). Para o fósforo constatou-se um comportamento inverso, e este elemento foi encontrado em níveis mais elevados nas camadas mais superficiais do solo, diminuindo com a profundidade da amostragem.

Quanto à disponibilidade de micronutrientes nos solos da várzea, foi observado que o ferro e o manganês podem apresentar distribuição irregular entre as camadas, de modo que na camada intermediária de 10-20 cm os valores encontrados são diferentes significativamente ($P < 0,01$) mais baixos que nas camadas superiores (0-10 cm) ou nas camadas mais profundas (20-40 cm). Contrariamente, Furch (2000), verificaram que os teores de Mn encontrados nas várzeas da ilha da Marchantaria diminuíram nas camadas mais profundas.

O cobre e o zinco apresentaram comportamento similar ao dos macronutrientes cálcio, magnésio e potássio, aumentando suas concentrações nos horizontes mais profundos do solo.

Para os teores de carbono e nitrogênio nos solos da várzea, foram verificadas diferenças significativas ($P < 0,01$) nas camadas do solo, havendo maior disponibilidade destes elementos nos horizontes superficiais do solo. Este padrão é esperado, já que a entrada de carbono e nitrogênio no sistema solo é pela deposição regular da matéria orgânica, de modo que se espera sempre uma maior concentração de C e N na superfície, diminuindo com a profundidade (Teixeira & Bastos, 1989; Villacis Fajardo et al., 2009).

A pesquisa científica praticada nestas áreas ainda é incipiente e exploratória, e serão necessários muitos estudos para obter uma informação clara da dinâmica de nutrientes nestas áreas de solo fértil da Amazônia.

CONCLUSÕES

Nos solos da várzea, os ciclos anuais de inundação foram relacionados com a distribuição de nutrientes nas camadas, e, os cátions básicos Ca, Mg, K, Cu e Zn aumentam com a profundidade das camadas, ocorrendo também uma elevação da acidez do solo e dos níveis de Al^{3+} . Para o C, N e P, entretanto, verificou-se um padrão inverso, e estes são mais disponíveis nas camadas superficiais do solo. Foi também demonstrado que Fe e Mn distribuem-se irregularmente nas camadas do solo.

Na várzea, os macros e micronutrientes apresentam-se em altas concentrações nos solos, destacando-se a floresta como um sistema que preserva os níveis de C, N, Mg, Cu, Zn, Mn e Fe. Entre as roças e os sítios, há variações significativas nos teores de nutrientes. Embora a floresta mantenha níveis elevados de fertilidade, neste ambiente também pode ser verificado acidez elevada e valores tóxicos de Al^{3+} .

Na soma das bases de solos das várzeas, verificou-se que o Ca teve predominância sobre os outros cátions macronutrientes, e entre os micronutrientes o Fe foi o elemento mais abundante.

Nos ecossistemas de várzea estudados, as concentrações dos cátions básicos (Ca, Mg e K) e dos micronutrientes (Cu, Zn, Mn e Fe), presentes nas camadas de solo ao longo da calha dos municípios, decresceu rio abaixo, demonstrando que quanto mais as localidades se distanciam da nascente do rio, reduzem-se os teores disponíveis no solo para estes nutrientes.

FINANCIAMENTO

Ninguno.

CONFLITO DE INTERESSES

No existe ningún tipo de conflicto de interés relacionado con la materia del trabajo.

CONTRIBUIÇÃO DE AUTORIA

Conceptualización: Villacis-Fajardo, J., Arévalo-López, L., Rengifo-Panduro, A. y Villacis-Fajardo, N.

Curación de datos: Rengifo-Panduro, A. y Villacis-Fajardo, N.

Análisis formal: Arévalo-López, L.

Investigación: Villacis-Fajardo, J., Arévalo-López, L., Rengifo-Panduro, A. y Villacis-Fajardo, N.

Metodología: Villacis-Fajardo, J. y Arévalo-López, L.

Supervisión: Rengifo-Panduro, A.

Redacción-borrador original: Villacis-Fajardo, J. y Arévalo-López, L.

Redacción-revisión y edición: Rengifo-Panduro, A. y Villacis-Fajardo, N.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Alves Batalha, S. S., Guerreiro Martorano, L., Giaretta Biase, A., Piratoba Morales, G., Nascimento Pontes, A., & Sousa dos Santos, L. (2014). Condições físico-químicas e biológicas em águas superficiais do Rio Tapajós e a conservação de Floresta Nacional na Amazônia, Brasil. *Ambiente e Agua - An Interdisciplinary Journal of Applied Science*, 9(4).
<https://doi.org/10.4136/ambi-agua.1304>
- Ayres, M. I. C., Filha, Z. da R. R., Mota, A. M. da, & Alfaia, S. S. (2018). *Efeito da adubação verde no suprimento de nitrogênio para produção de alface em Gleissolo da Amazônia Central* [Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia]. <https://repositorio.inpa.gov.br/handle/1/35625>
- Ayres, M. J. (2006). *As Matas de Várzea do Mamirauá* (3rd ed.). Sociedade Civil Mamirauá.
- Centeno, A. J. (1990). *Curso de Estatística Aplicada à Biologia* (1st ed.). Cegraf Ufg.
- Collado-Panduro, L. A., & Alegre-Horihuela, J. (2020). Farming systems on alluvial soils and their impact on the economy of the shipibo-konibo in Ucayali. *Manglar*, 17(3), 193–201.
<https://doi.org/10.17268/manglar.2020.029>
- Dias-Filho, M. B., & Soares de Andrade, C. M. (2008). *Pastagens no Trópico Úmido* (1st ed.). Embrapa Amazônia Oriental. <https://doi.org/10.13140/RG.2.1.1723.5045>
- EMBRAPA. (1997). *Manual de Métodos de Análise de Solo*. Centro Nacional de Pesquisa de Solos da EMBRAPA.
- Furch, K. (2000). Chemistry and Bioelement Inventory of Contrasting Amazonian Forest Soils. In *The Central Amazon Floodplain: Actual Use and Options for a Sustainable Management* (1st ed., pp. 109–128). Leiden: Backhuys Publishers.
- Irion, G. (1984). Sedimentation and sediments of Amazonian rivers and evolution of the Amazonian landscape since Pliocene times. In *The Amazon* (pp. 201–214). https://doi.org/10.1007/978-94-009-6542-3_7
- Junk, W. J., Piedade, M. T. F., Schöngart, J., Cohn-Haft, M., Adeney, J. M., & Wittmann, F. (2011). A Classification of Major Naturally-Occurring Amazonian Lowland Wetlands. *Wetlands*, 31(4), 623–640. <https://doi.org/10.1007/s13157-011-0190-7>
- Rios, M. (2016). Agrobiodiversity in the floodplains and its economic function in the Peruvian Amazon. *Scientia Agropecuaria*, 7, 377–389. <https://doi.org/10.17268/sci.agropecu.2016.04.03>
- Salati, E., Junk, W. J., Shubart, H. O. R., & de Oliveira, A. E. (1983). Amazônia : desenvolvimento, integração e ecologia. *Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico*, 327.

<https://portals.iucn.org/library/node/18082>

- Santiago, I. N., Piedade, M. T. F., Weiss, B., Demarchi, L. O., & Lopes, A. (2021). Germinação de sementes e morfologia de plântulas de espécies pioneiras da várzea amazônica. *Ciência Florestal*, 31(1), 271–289. <https://doi.org/10.5902/1980509840676>
- Santos, M. A. S. dos, Lourenço, J. de B., Santana, A. C. de, Homma, A. K. O., Andrade, S. J. T. de, & Silva, A. G. M. e. (2017). Caracterização do nível tecnológico da pecuária bovina na Amazônia Brasileira. *Revista de Ciências Agrárias - Amazon Journal of Agricultural and Environmental Sciences*, 60(1), 103–111. <https://doi.org/10.4322/rca.60103>
- Scaloppi Junior, E. J. (2007). *Propagação de espécies de Annonaceae com estacas caulinares* [Universidade Estadual Paulista]. <http://hdl.handle.net/11449/105259>
- Sioli, H. (1984). *The Amazon and its main affluents: Hydrography, morphology of the river courses, and river types* (pp. 127–165). https://doi.org/10.1007/978-94-009-6542-3_5
- Sioli, P. H. (1951). Alguns resultados e problemas da limnologia amazônica. *Boletim Técnico IPEAM*, 34, 3–44. <https://www.embrapa.br/busca-de-publicacoes/-/publicacao/376375/sobre-a-sedimentacao-na-varzea-do-baixo-amazonas>
- Teixeira, L. B., & Bastos, J. B. (1989). *Nutrientes nos solos de floresta primária e pastagem de Brachiaria humidicola na Amazônia Central*. [Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária]. <http://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/infoteca/handle/doc/381186>
- Teixeira, W. G., Lima, H. N., Pinto, W. H. A., Souza, K. W. de S., Shinzato, E., & Schroth, G. (2018). Manejo e conservação do solo e da água. *Sociedade Brasileira De Ciência Do Solo*, 53(9), 1689–1699. <https://rigeo.cprm.gov.br/handle/doc/22016>
- Valentim, J. F., & Andrade, C. M. S. de. (2009). Tendências e perspectivas da pecuária bovina na Amazônia brasileira. *Empresa Brasileira de Investigación Agropecuaria*, 4(8), 273–283. <http://www.alice.cnptia.embrapa.br/alice/handle/doc/659062>
- Vieira, R. dos S. (1992). *Várzeas Amazônicas e a Legislação Ambiental Brasileira* (p. 25). Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e Recursos Naturais Renováveis. <https://acervo.socioambiental.org/acervo/documentos/varzeas-amazonicas-e-legislacao-ambiental-brasileira>
- Villacis Fajardo, J. D., Gomes de Souza, L. A., & Sena Alfaia, S. (2009). Características químicas de solos de várzeas sob diferentes sistemas de uso da terra, na calha dos rios baixo Solimões e médio Amazonas. *Acta Amazonica*, 39(4), 731–740. <https://doi.org/10.1590/S0044-59672009000400001>