



O VALOR DA RESTAURAÇÃO

Como a cobertura vegetal
reduz erosão e gera
benefícios econômicos
e resiliência hídrica
nas Cabeceiras do Pantanal





© Don Getty

Este documento apresenta os resultados de **três estudos realizados em 2024**, que evidenciam a importância da restauração da vegetação nativa e da adoção de melhores práticas agropecuárias para a melhoria da qualidade e quantidade de água na paisagem das Cabeceiras do Pantanal. Os estudos aplicaram diferentes metodologias para avaliar os custos e os benefícios ambientais e socioeconômicos de diversas intervenções no solo e trazem resultados importantes em resposta a três perguntas-chave:

1 **Como a cobertura vegetal do solo minimiza os efeitos da erosão causada pela chuva?**

2 **Qual o custo-benefício de restaurar áreas degradadas em locais de captação de água para a população?**

3 **Como se comportam as séries históricas de precipitação e vazão das bacias de Jauru, Taquari e Miranda (bacias prioritárias nas Cabeceiras para o WWF-Brasil), e como estão relacionadas com a perda da superfície de água no Pantanal?**

As análises foram conduzidas no contexto do projeto “Água Limpa para Todos”, em colaboração com a Aegea.

1.

APRESENTAÇÃO

Cabeceiras do Pantanal e soluções baseadas na natureza



A **Bacia do Alto rio Paraguai** (BAP) é subdividida em 14 grandes sub-bacias que abrangem 87 municípios e é composta por duas regiões intrinsecamente conectadas: a planície pantaneira e o planalto, este último conhecido como **Cabeceiras do Pantanal**.

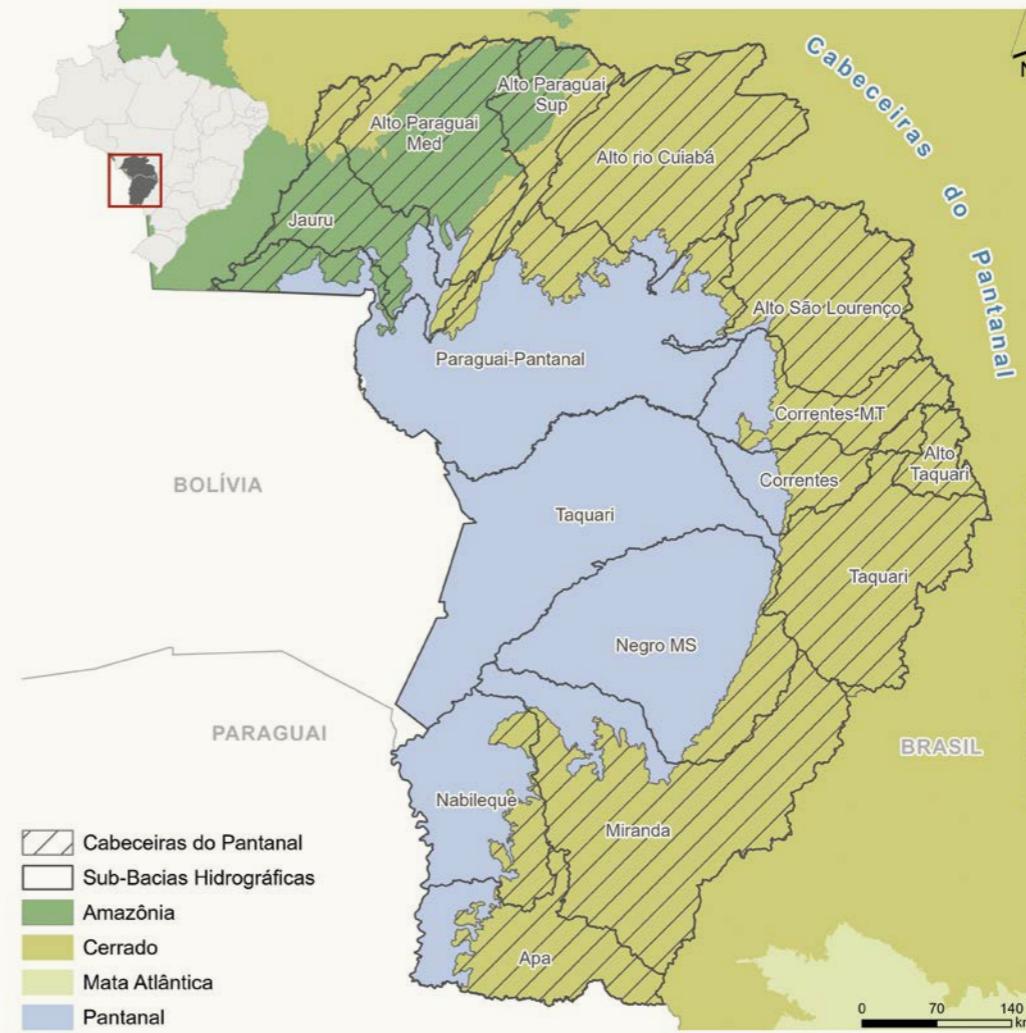


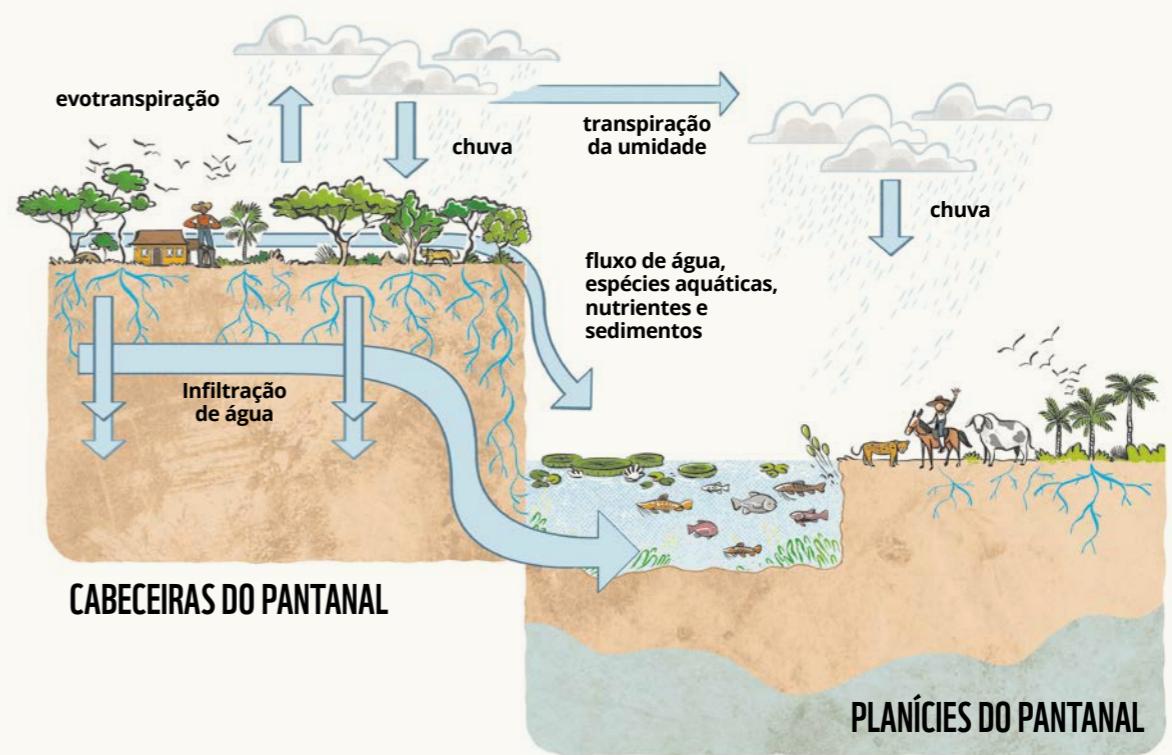
Figura 1. Bacia do Alto Rio Paraguai englobando o Pantanal e Cabeceiras do Pantanal, com destaque aos biomas Cerrado, Amazônia e Pantanal.

A região das Cabeceiras do Pantanal corresponde às áreas de nascentes dos principais afluentes da BAP. Ela ocupa 58% da área da BAP e se estende por 211.740,4 km² em território brasileiro, e abrange parte dos estados do Mato Grosso e Mato Grosso do Sul, contemplando parte dos biomas Cerrado (84%) e Amazônia (16%). A conservação do solo e da água é particularmente importante para o Cerrado brasileiro, um hotspot para conservação da biodiversidade mundial e com alta perda de habitats naturais¹.

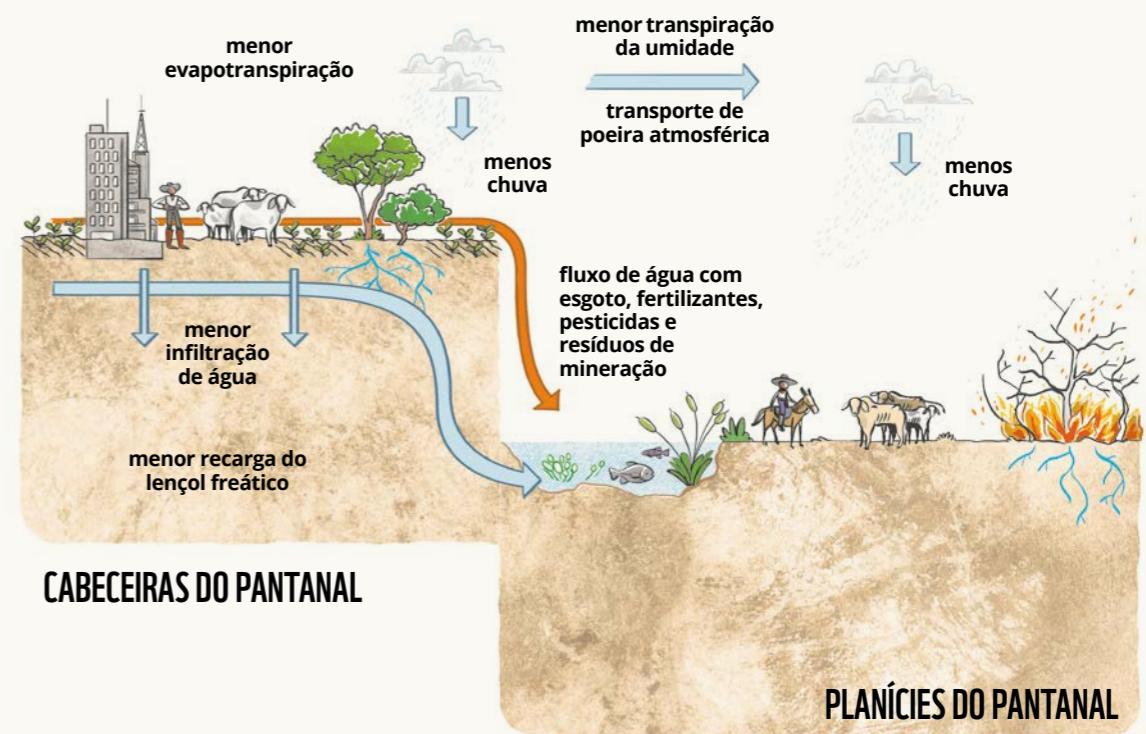
A região das Cabeceiras do Pantanal tem o uso do solo predominantemente voltado à atividade agropecuária e enfrenta diferentes desafios relacionados à segurança hídrica e mudanças climáticas, tais como a ampliação de complexos hidrelétricos, alteração do fluxo dos rios e perda ou fragmentação de habitat, decorrente de incêndios, desmatamento e conversão de terras para a agropecuária. 58% da paisagem encontra-se antropizada, e as pastagens são o uso do solo mais predominante na paisagem (42%), sendo a maioria com alto grau de degradação (67%). Entre 2012 e 2022, houve um aumento da supressão da vegetação nativa (+4%) e do cultivo de soja (+47%) e a diminuição dos corpos d'água (-26%)².

Esses dados são particularmente importantes, pois as Cabeceiras são responsáveis pela maior parte do fluxo de água (cerca de 80%) e de sedimentos^{3,4} que chega à planície (Figura 2a), essenciais para a manutenção da dinâmica do Pantanal. Assim, os desafios enfrentados na planície pantaneira são, muitas vezes, reflexos das atividades desenvolvidas na região de Cabeceiras, que impactam negativamente os pulsos de inundações, diminuem as áreas alagadas, alteram os fluxos de sedimentos e nutrientes entre o planalto e a planície, e assim, em decorrência de um ambiente mais seco, aumentam o risco de incêndios (Figura 2b).

Figura 2. a) A vegetação nativa conservada e práticas agrícolas sustentáveis nas Cabeceiras do Pantanal proporcionam um sistema radicular saudável, proteção do solo, controle de erosão, infiltração de água e filtro de poluentes. Esse conjunto de fatores garante a qualidade da água, a prevenção do assoreamento e a regulação dos pulsos de inundações na planície pantaneira.



b) Desmatamento e expansão da agropecuária não responsáveis nas Cabeceiras do Pantanal diminuem a proteção do solo, o controle da erosão, o transporte de umidade e a infiltração de água. Isso também aumenta o nível de sedimentos e poluentes na água. Pode causar interrupções no pulso de inundações e diminuição da qualidade da água no Pantanal.



¹ MYERS, N. et al. (2000). Biodiversity hotspots for conservation priorities. *Nature*, v. 403, n.6772, p.853–858.

² Mapbiomas 2022.

³ ASSINE, M. L., MACEDO, H. A., STEVAUX, J. C. et al. (2015). Avulsive rivers in the hydrology of the Pantanal Wetland.

⁴ GONÇALVES, H. C., MERCANTE, M. A. & SANTOS, E.T. (2011). Hydrological cycle. *Brazilian Journal Biology*, v.71, n1., p.241-253.

As bacias hidrográficas situadas nas Cabeceiras do Pantanal que abastecem as cidades vêm sofrendo reduções significativas em suas vazões durante o período de estiagem. Isso acarreta a redução de oferta de água pelas empresas de saneamento e impacta a população consumidora, sendo comum a prática de racionamento ou até decretar Emergência Hídrica, por parte de alguns municípios. Por vezes, o abastecimento de água também é interrompido pela elevada turbidez da água, cujo esforço de tratamento se eleva, sendo quase inviável economicamente.

Parte desse problema decorre do processo de impermeabilização do solo nas bacias, que passam a gerar maior perda de água por enxurrada (escoamento superficial) durante o período chuvoso, e a redução da vegetação original. Isso reduz o escoamento de base, responsável pela alimentação dos rios durante os meses de estiagem, e aumenta o transporte de sedimentos e poluentes para os corpos hídricos. Com a adoção de práticas de restauração e conservação do solo, há uma tendência de aumento da infiltração de água no solo durante o período chuvoso, maior recarga dos aquíferos e, consequentemente, do escoamento de base, que é responsável por regular a vazão dos rios no período de estiagem.

POR QUE CONSERVAR O SOLO E COMO ISSO AFETA A CONSERVAÇÃO DAS ÁGUAS?

A água e o solo são elementos fundamentais para a vida, sendo recursos imprescindíveis para o desenvolvimento de diversas atividades socioeconômicas e culturais da sociedade. No entanto, a intensificação de atividades humanas - como urbanização desordenada, desmatamento, queimadas e mineração - tem acelerado o processo de erosão do solo, impactando suas qualidades físicas e químicas, deixando-o mais pobre, compactado, seco e menos produtivo.

Além de afetar a ciclagem de nutrientes e comprometer a produtividade agrícola, a degradação do solo gera custos adicionais para empresas e produtores rurais⁵, como a maior necessidade de aplicação de insumos químicos e o uso de maquinário para preparo do solo e irrigação. No Brasil, estima-se que haja um prejuízo superior a US\$ 1,3 bilhão devido às perdas de nutrientes do solo, como fósforo, potássio, cálcio e magnésio⁶.

O solo também desempenha um papel essencial na regulação do ciclo da água. Quando está bem estruturado e coberto por vegetação nativa, facilita a infiltração e a absorção da água da chuva, reduz o risco de erosão e minimiza o transporte de sedimentos e nutrientes, diminuindo o assoreamento, a poluição dos corpos hídricos e a ocorrência de enchentes.

Assim, a recuperação dos solos e a manutenção da vegetação em áreas de nascentes e ao longo dos cursos d'água (Áreas de Preservação Permanente – APP) são ações estratégicas para evitar o ressecamento de mananciais e garantir a disponibilidade hídrica para o abastecimento humano e a produção de alimentos, entre vários outros benefícios para natureza e a população (*Figura 3a*).



⁵ SONE, J. S.; OLIVEIRA, P. T. S.; EUCLIDES, V. P. B.; et al. (2020). Effects of Nitrogen fertilization and stocking rates on soil erosion and water infiltration in a Brazilian Cerrado farm. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, v. 304, n. August, p.107159.

⁶ DECHEN, S. C. F. et al. (2015). Perdas e custos associados à erosão hídrica em função de taxas de cobertura do solo. *Bragantia*, v. 74, n. 2, p. 224–233, abr. 2015.

Figura 3. A vegetação cria uma barreira protetora nos rios e nascentes, mantendo a qualidade e a quantidade de água, evitando poluição, enchentes e processos erosivos, diminuindo o impacto das secas.

a) Paisagem saudável e produtiva, com as margens do rio protegidas pela vegetação, água clara e ampla vazão, gado sadio cercado e biodiversidade abundante.



b) Paisagem degradada, com baixa produtividade, rio sem proteção vegetal, vazão e qualidade da água reduzidas, gado solto e com baixo peso, e menor biodiversidade.



SOLUÇÕES BASEADAS NA NATUREZA

Soluções baseadas na Natureza (SbN) são ações inspiradas na natureza que geram benefícios ambientais, sociais e econômicos. Elas são implementadas para enfrentar desafios relevantes para a sociedade, como o desmatamento, a insegurança hídrica e as mudanças climáticas⁷, funcionando como estratégias de engenharia que imitam os processos naturais na paisagem.

A adoção de SbN é uma estratégia eficaz para conciliar a produção agropecuária com a conservação dos recursos naturais. Dentro das diversas soluções existentes, o WWF-Brasil foca em:



RESTAURAR a vegetação nativa em Áreas de Preservação Permanente (APPs), como ferramenta de conservação dos cursos d'água, e em Reserva Legal, como ferramenta de regularização das propriedades rurais para fortalecimento do Código Florestal Brasileiro e segurança jurídica do proprietário da terra.



RECUPERAR pastagens degradadas e fomentar a adoção de melhores práticas agropecuárias, como o manejo rotacionado e os sistemas de integração lavoura-pecuária-floresta (ILPF), que reduzem a pressão por aberturas de novas áreas e aumentam a resiliência e produtividade da terra.



IMPLEMENTAR práticas de conservação do solo que melhoram a capacidade de infiltração, reduzem a propensão à erosão causada pela água das chuvas, favorecem a recarga dos lençóis freáticos e reduzem o assoreamento dos rios.

Investir em SbN gera benefícios diretos para empresas e produtores rurais, como o aumento da produtividade, redução de custos com insumos e fortalecimento do acesso a mercados que valorizam boas práticas.

Além disso, toda a paisagem se beneficia, desde centros urbanos a comunidades rurais e empresas, já que os efeitos dessas ações promovem a melhoria da quantidade e da qualidade de água para todos.

⁷ European Commission. (2015). Final Report of the Horizon 2020 Expert Group on Nature-Based Solutions and Re-Naturing Cities



© Andre Dib / WWF-Brasil

A seguir, apresentamos os detalhes de **três estudos que nos ajudam a entender a relação entre a água, a cobertura do solo e o clima**, além de indicar quanto pode ser **economizado** (custos evitados) com o **tratamento da água** ao implementar ações de conservação do ambiental nas Cabeceiras do Pantanal.

Os estudos são:

- 1 Avaliação dos efeitos de diferentes coberturas de solo para resiliência hídrica;**
- 2 Análise dos custos e benefícios de ações de conservação e restauração;**
- 3 Avaliação das tendências climáticas e hídricas nas Cabeceiras do Pantanal.**

Mesmo com objetivos diferentes, os estudos estão conectados e se complementam, auxiliando na construção de uma narrativa em prol da melhoria hídrica, podendo embasar cientificamente ações práticas de campo e direcionar a estratégia de atuação na paisagem das Cabeceiras do Pantanal.

2.

ESTUDO 1: Impactos da cobertura do solo na conservação da água e do solo – um estudo de campo



FOCO

Ter vegetação no solo influencia na erosão e na qualidade da água? Este estudo teve como objetivo analisar a influência da cobertura do solo nas taxas de escoamento superficial, infiltração de água e erosão.



LOCAL

Bonito - Mato Grosso do Sul (Cerrado)



MENSAGENS PRINCIPAIS

- Cobertura do solo aumenta a infiltração de água e conserva os recursos hídricos em mais de 40%.
- Cobertura do solo reduz significativamente a erosão e a perda de solo em até 80%
- Um sistema integrado de pastagem e baru (*Dypteryx alata*) retém 59% mais solo e infiltra 39% mais que uma área degradada
- Uma área em restauração recente (3 anos) retém 79% mais solo e infiltra 44% mais água do que uma área degradada

Este estudo buscou entender o **efeito de diferentes tipos de cobertura na perda de solo e de água**, com base em experimento de campo que comparou cinco diferentes tratamentos em quatro propriedades em Bonito – Mato Grosso do Sul (MS) (*Figura 4*). Todas as propriedades têm ações de restauração e práticas de recuperação de pastagem, estando dentro do Programa de Pagamento por Serviços Ambientais de usos múltiplos em rios cênicos do MS.

Figura 4. Os cinco tratamentos avaliados e seus respectivos tipos de solo foram:

| TRATAMENTO | CERRADO NATIVO | RESTAURAÇÃO MADURA (> 20 ANOS) | RESTAURAÇÃO RECENTE (ATÉ 3 ANOS) | PASTAGEM REABILITADA | SOLO EXPOSTO |
|----------------|-----------------------------|--------------------------------|----------------------------------|-----------------------------|-----------------------------------|
| CLASSE DE SOLO | <i>Chernossolo Rendzico</i> | <i>Chernossolo Rendzico</i> | <i>Chernossolo Rendzico</i> | <i>Chernossolo Rendzico</i> | <i>Argissolo Vermelho-Amarelo</i> |

O experimento foi feito em parcelas experimentais ($0,7m^2$) em quatro propriedades com a utilização de um simulador de chuva (Figura 5) que liberava água por cerca de 48 minutos, ou até atingir a taxa constante de infiltração de água no solo (solo encharcado). Após início do escoamento superficial, o volume de água referente a 1 min de enxurrada era coletado a cada 2 minutos, com auxílio de um copo coletor, e então mensurado. Foram realizadas quatro repetições em cada tratamento para cumprimento dos testes estatísticos aplicados.

O tratamento “solo exposto” era uma área degradada e sem vegetação, considerada como parcela controle para comparação com os resultados dos demais tratamentos.

Apesar de todos os testes demonstrarem redução da perda de solo e de água, alguns tratamentos obtiveram melhores resultados, principalmente por conta da maior diversidade de raízes e estratos vegetais. De maneira geral, a diversidade na estrutura de raízes permite i) maior porosidade e entrada de matéria orgânica no subsolo- fundamental para a infiltração da água até as regiões mais profundas do solo, onde está o lençol freático, ii) coesão do solo - o que diminui o “esfarelamento” do solo, evitando que seja levado pelas chuvas gerando erosão.

Figura 5. Simulador de chuva instalado sobre solo sem cobertura vegetal de água, evitando poluição, enchentes e processos erosivos, diminuindo o impacto das secas.

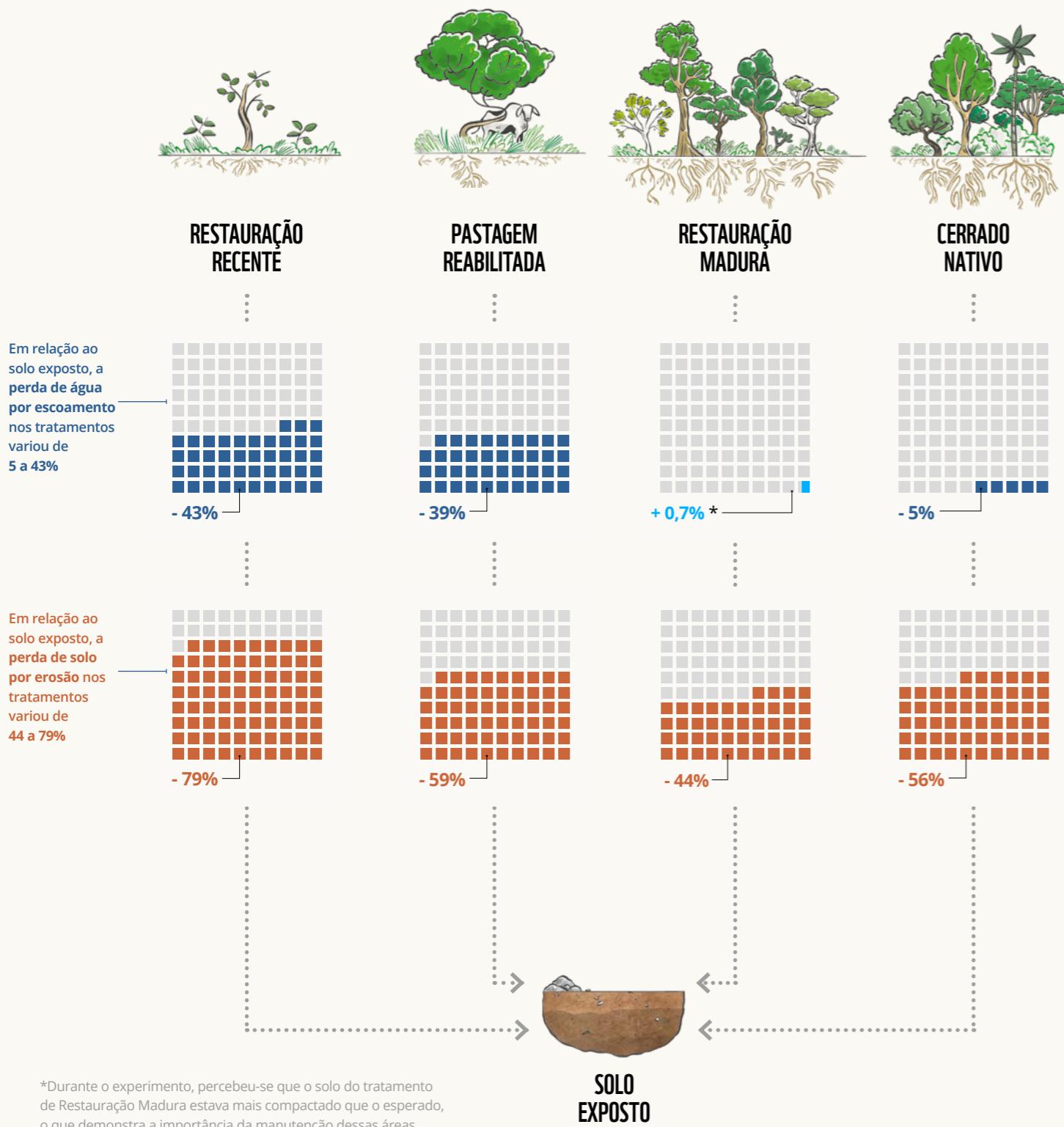


O tratamento “restauração recente” teve 79% menos perda de solo, seguido pelo “sistema integrado pastagem e baru” (59%) e “Cerrado nativo” (56%). Com relação a perda de água por escoamento, os tratamentos “restauração recente” (43%) e “sistema integrado pastagem e baru” (39%) foram os mais eficientes (Figura 6).

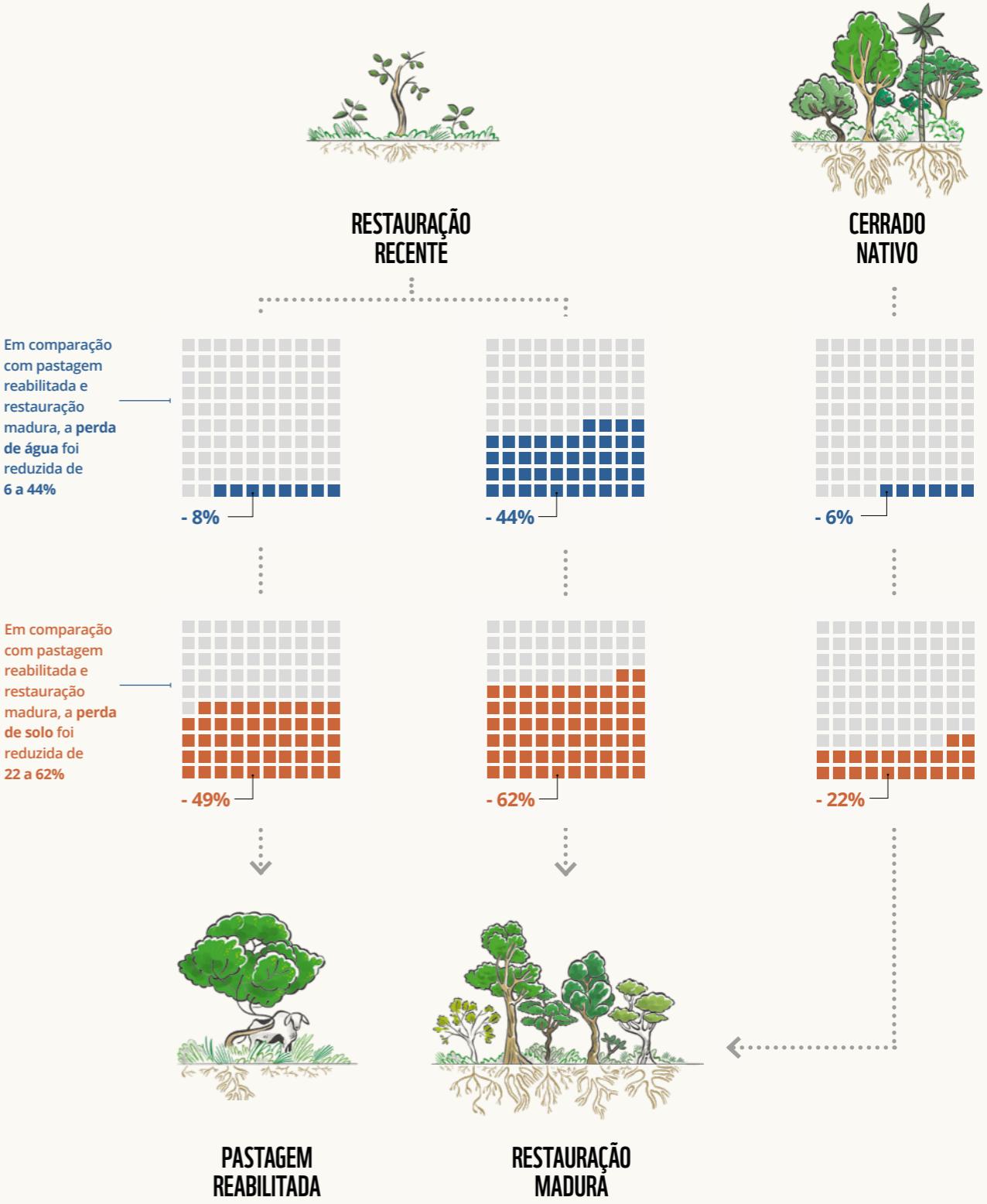
Figura 6. Esquema ilustrativo comparando os resultados do estudo, demonstrando a perda de solo e água entre:

a) RESULTADOS DOS QUATRO TRATAMENTO EM COMPARAÇÃO COM O SOLO EXPOSTO.

■ PERDA DE ÁGUA POR ESCOAMENTO ■ PERDA DE SOLO



b) RESULTADOS DOS QUATRO TRATAMENTO ENTRE SI.



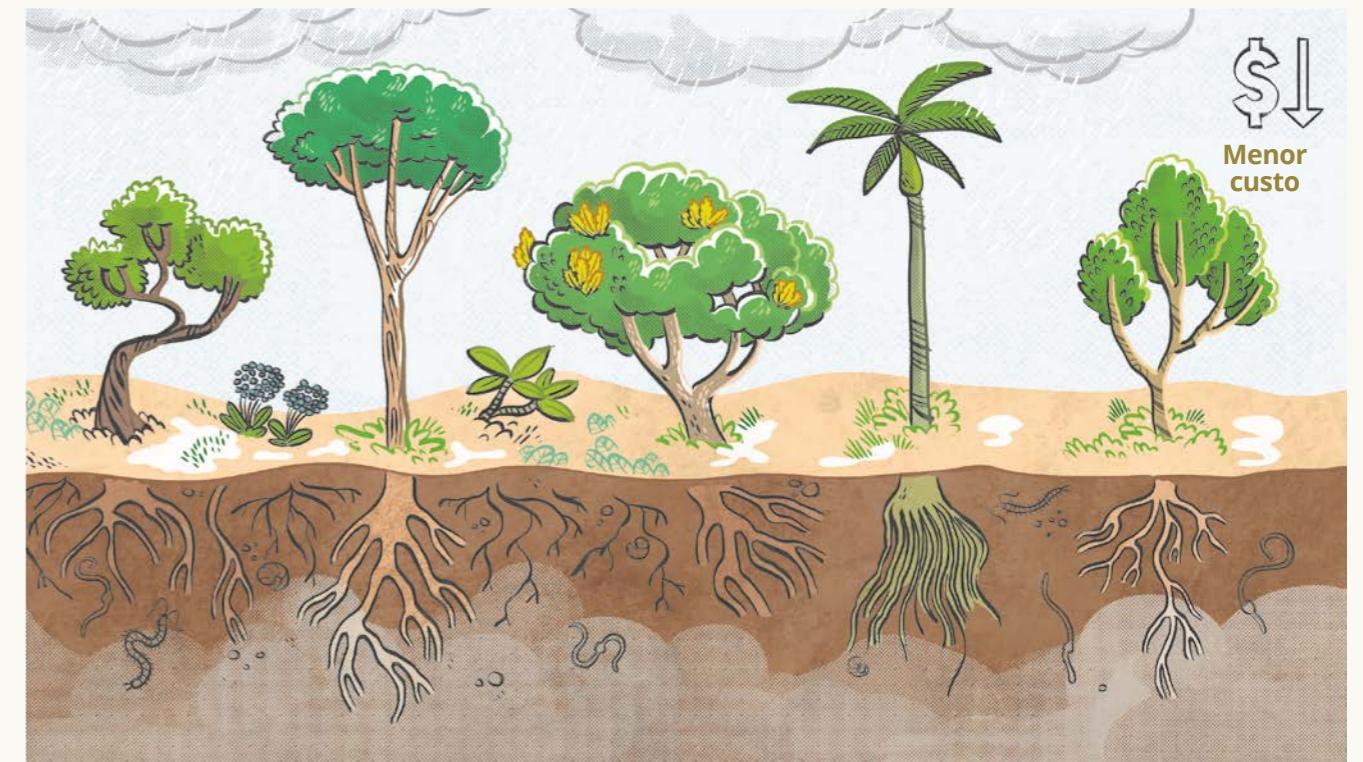
É importante ressaltar que, em condições de chuva natural, a **interceptação da água pela copa e dossel das árvores e arbustos maiores tem papel fundamental na redução do impacto das gotas no solo e o escoamento superficial**. O estudo utilizando os simuladores de chuva não captam esse efeito de amortecimento das gotas da chuva, pois a avaliação acontece muito próxima ao solo e pela impossibilidade de instalar o equipamento em áreas de vegetação densa (*Figura 7*). Esse fato pode ter influenciado os resultados obtidos nos tratamentos “Cerrado nativo” e “Restauração madura”, que apresentam árvores de maior porte. Essa limitação não é encontrada nos demais tratamentos (*i.e.* pastagem, restauração recente e solo exposto).

O experimento foi feito em parcelas experimentais ($0,7m^2$) em quatro propriedades com a utilização de um simulador de chuva (*Figura 5*) que liberava água por cerca de 48 minutos, ou até atingir a taxa constante de infiltração de água no solo (solo encharcado). Após início do escoamento superficial, o volume de água referente a 1 min de enxurrada era coletado a cada 2 minutos, com auxílio de um copo coletor, e então mensurado. Foram realizadas quatro repetições em cada tratamento para cumprimento dos testes estatísticos aplicados.

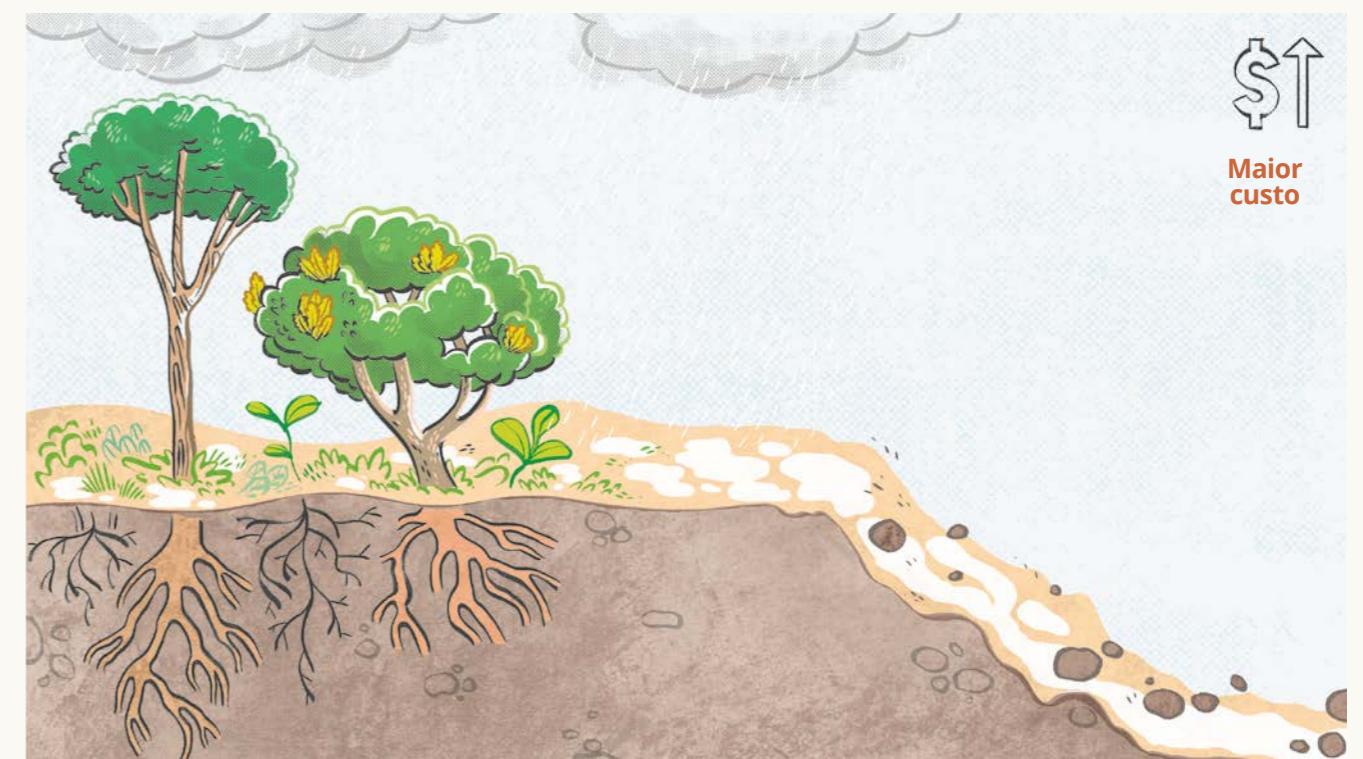


Figura 7. Imagens demonstrando os impactos positivos em ter vegetação na paisagem, principalmente em topos de morro, nascentes e beiras de rios. Note que a vegetação age como uma barreira, reduzindo a velocidade da chuva que cai no solo.

a) Paisagem com vegetação abundante e diversa, que aumenta a infiltração e a absorção de água pelo solo, diminuindo sua perda, melhorando a saúde do solo e reduzindo custos com adubação, recuperação do solo e tratamento da água.



b) Paisagem com pouca ou nenhuma vegetação tem maior risco de erosão e voçorocas, perda de solo e água, resultando em baixa produtividade e altos custos com a recuperação do solo.



VOCÊ SABIA?

Você já reparou que, após as chuvas, a cor da água dos rios fica mais escura? Isso ocorre porque a capacidade do solo de absorver a água da chuva foi menor que a quantidade de água precipitada, acumulando a água na superfície e causando enchentes e as enxurradas, que levam terra e poluentes até o corpo d'água mais próximo. Depois das chuvas, ficam as marcas: abertura de sulcos no solo, aumento de valas, desmoronamento das margens do rio, deslizamentos de terra, sujeira, água mais turva e o leito do

rio poluído – essa são as consequências direta do processo de erosão hídrica.

Para minimizar esses efeitos, as áreas de vegetação próximas aos corpos d'água (APPs) são essenciais: a vegetação serve como um filtro de impurezas. Nas imagens abaixo do estudo de campo (*Figura 8*) pode-se observar que à medida em que se aumenta a diversidade e a quantidade de cobertura vegetal nos tratamentos, a água escoada se torna mais clara:

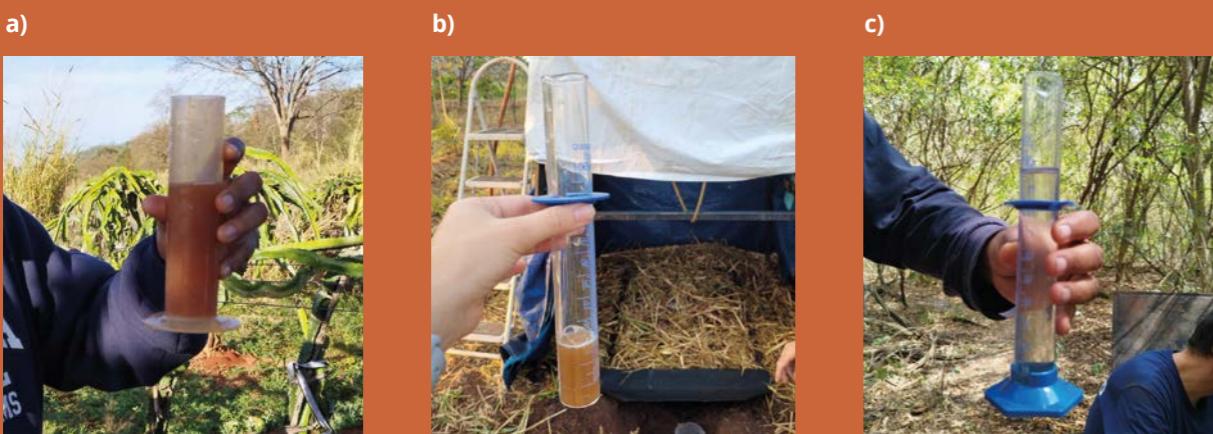


Figura 8. Amostras de água retiradas do a) tratamento com solo exposto, b) tratamento com restauração recente e c) tratamento com restauração madura. Notem a diferença na coloração da água.

Os resultados deste estudo mostram que a recuperação de pastagens degradadas, a restauração da vegetação nativa e a adoção de melhores práticas de manejo do solo melhoraram as taxas de infiltração de água e reduziram significativamente as perdas de solo. Isso resulta na melhoria direta da qualidade da água para a população e na diminuição do assoreamento dos córregos e rios.

Apesar dos benefícios em ter vegetação no solo, temos muitas beiras de rios e nascentes degradadas nas Cabeceiras (mais de 500 mil hectares) que precisam ser recuperadas. E os custos para essa ação de restauração são altos, variando de R\$20 a 32 mil reais por hectare, dependendo da técnica e locais escolhidos. No entanto, os custos para tratamento da água, dragagem de rios e controle de erosão para o uso e consumo da água também podem ser elevados. Dessa forma, nos perguntamos se é mais barato restaurar do que tratar a água depois. A seguir, mostramos os resultados de um segundo estudo que nos ajuda a responder essa dúvida.

ESSES RESULTADOS PODEM SER ESPERADOS EM OUTRAS PAISAGENS?

Os resultados e implicações apresentadas neste relatório corroboram com o estado da arte no que tange o papel fundamental da conservação do solo e da água a partir de práticas adequadas de manejo e restauração de áreas degradadas. **Independentemente da classe do solo, a cobertura vegetal serve como uma barreira protetora do solo, favorecendo a infiltração de água e reduzindo a erosão⁸** (*Figura 3a, 7c*).

Em Jauru, por exemplo, um local de atuação prioritário para o WWF-Brasil, a classe de solo de maior ocorrência é argissolo vermelho e vermelho-amarelo⁹ (*Figura 9*), semelhante à classe de solo onde foram realizados os testes com solo exposto. Principalmente em solos argilosos, devido à sua pequena granulometria, a cobertura vegetal reduz o impacto da chuva, evitando a compactação da superfície e favorecendo a infiltração gradual da água, que poderia escoar rapidamente devido à baixa porosidade inicial.

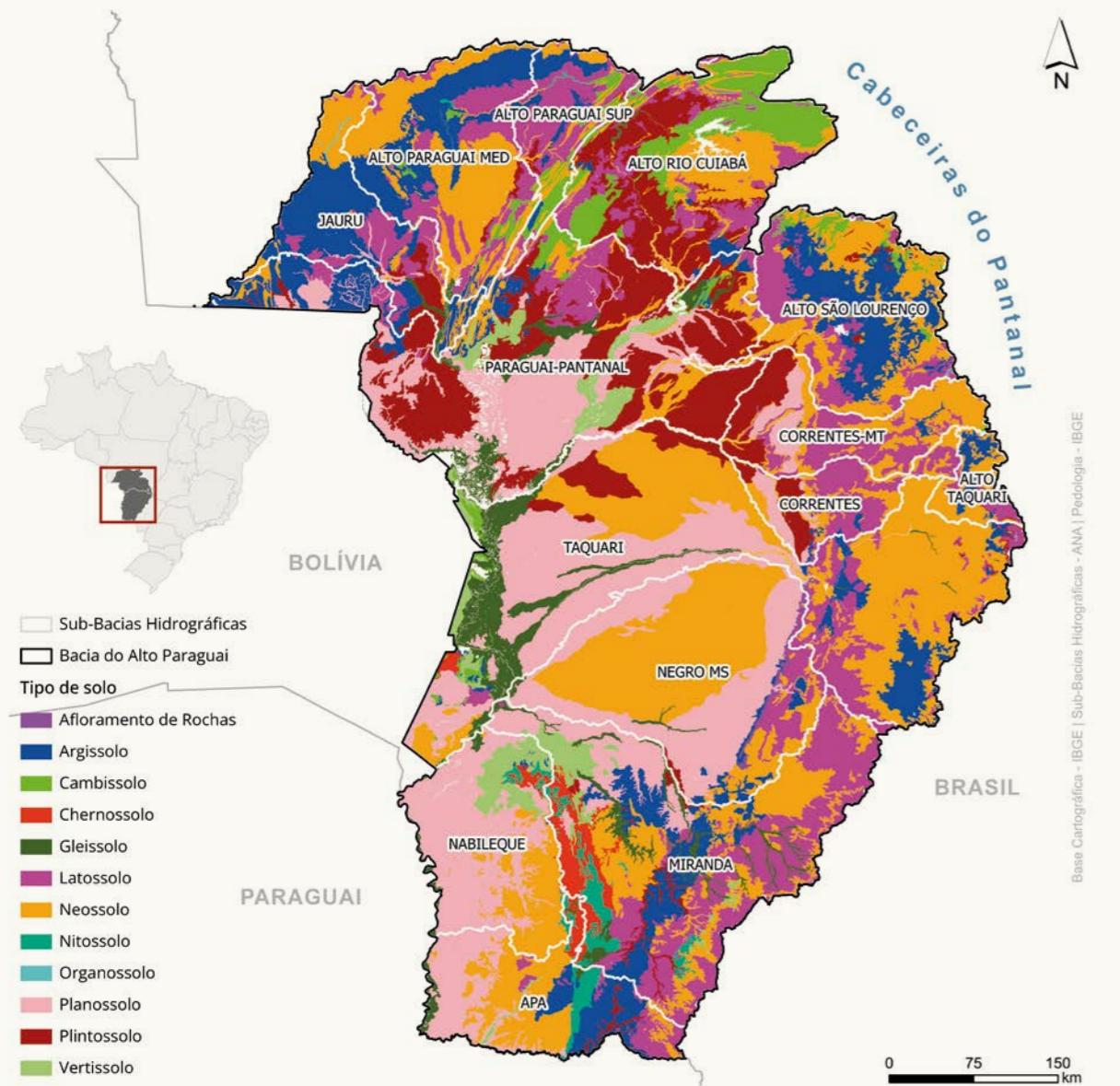
Já os solos arenosos, como os encontrados na bacia do rio Taquari, naturalmente possuem maior infiltração devido à sua maior granulometria. Nestes solos, a vegetação desempenha um papel crucial na manutenção da umidade e na estabilização dos grãos (coesão do solo), prevenindo a erosão eólica e hídrica. Nestes casos, raízes profundas e sistemas radiculares densos ajudam a manter a estrutura do solo, reduzindo a mobilização de sedimentos.

⁸ ALMEIDA, W. S. et al. Effect of soil tillage and vegetal cover on soil water infiltration. *Soil and Tillage Research*, v. 175, p. 130–138, jan. 2018. MCGINTY, W. A.; SMEINS, F. E.; MERRILL, L. B. Influence of Soil, Vegetation, and Grazing Management on Infiltration Rate and Sediment Production of Edwards Plateau Rangeland. *Journal of Range Management*, v. 32, n. 1, p. 33, jan. 1979. THOMPSON, S. E. et al. Vegetation-infiltration relationships across climatic and soil type gradients. *Journal of Geophysical Research: Biogeosciences*, v. 115, n. G2, p. n/a-n/a, jun. 2010.

⁹ LUZ, C. C. S.; NEVES, S. M. A. S.; RAMOS, A. W. P. Análise Multi-temporal da Perda de Solo por erosão Hídrica na Bacia Hidrográfica do Rio Jauru-MT, Brasil. Espaço Aberto, Rio de Janeiro, Brasil, v. 13, n. 1, p. 109–132, 2023. DOI:10.36403/espacoaberto.2023.54714

Em solos muito rasos ou inclinados, a cobertura vegetal permanente e a presença de matéria orgânica aumentam a resistência ao arraste superficial e minimizam os efeitos da erosão laminar e em sulcos.

Figura 9. Mapa pedológico da Bacia do rio do Alto Paraguai.





3.

ESTUDO 2: Análise de Benefícios e Custos de intervenções em áreas prioritárias



FOCO

O que é mais barato: investir em restauração e conservação do solo ou tratar a água depois? Este estudo teve como objetivo avaliar os custos e benefícios de ações de restauração e melhores práticas agropecuárias (conservação do solo) em diferentes locais e para diferentes atores de microbacias hidrográficas (proprietários de terra, consumidores de água, empresas de saneamento).



LOCAL

Microbacias selecionadas nas sub-bacias prioritárias (Jauru-Mato Grosso e Miranda-Mato Grosso do Sul)



MENSAGENS PRINCIPAIS

- 20 dos 24 cenários estudados indicam um custo-benefício positivo, ou seja, é mais econômico investir em práticas ambientais do que investir em ações de tratamento depois;
- Para cada R\$ 1 investido em restauração e melhores práticas agropecuárias, deixa-se de gastar até R\$ 8 reais com tratamento da água;
- As microbacias de Porto Esperidião (MT), Bodoquena (MS) e Aquidauana (MS) foram as que apresentaram o melhor custo-benefício;
- Ter uma cadeia da restauração estruturada (ex. presença de viveiros, redes de sementes, mão-de-obra qualificada etc.) ajudam a diminuir os custos com as implementações e, com isso, aumentam o custo-benefício dessas ações;
- Quanto mais adensadas forem as áreas de restauração e conservação do solo, mais barato serão as intervenções. Ações pulverizadas são mais custosas e terão menor impacto na qualidade da água.

A presente análise foi realizada em duas sub-bacias prioritárias para o WWF-Brasil, que foram alvo de estudos prévios de [“Planejamento Espacial para a Restauração das Cabeceiras do Pantanal com foco em recursos hídricos”](#), publicados em 2023.



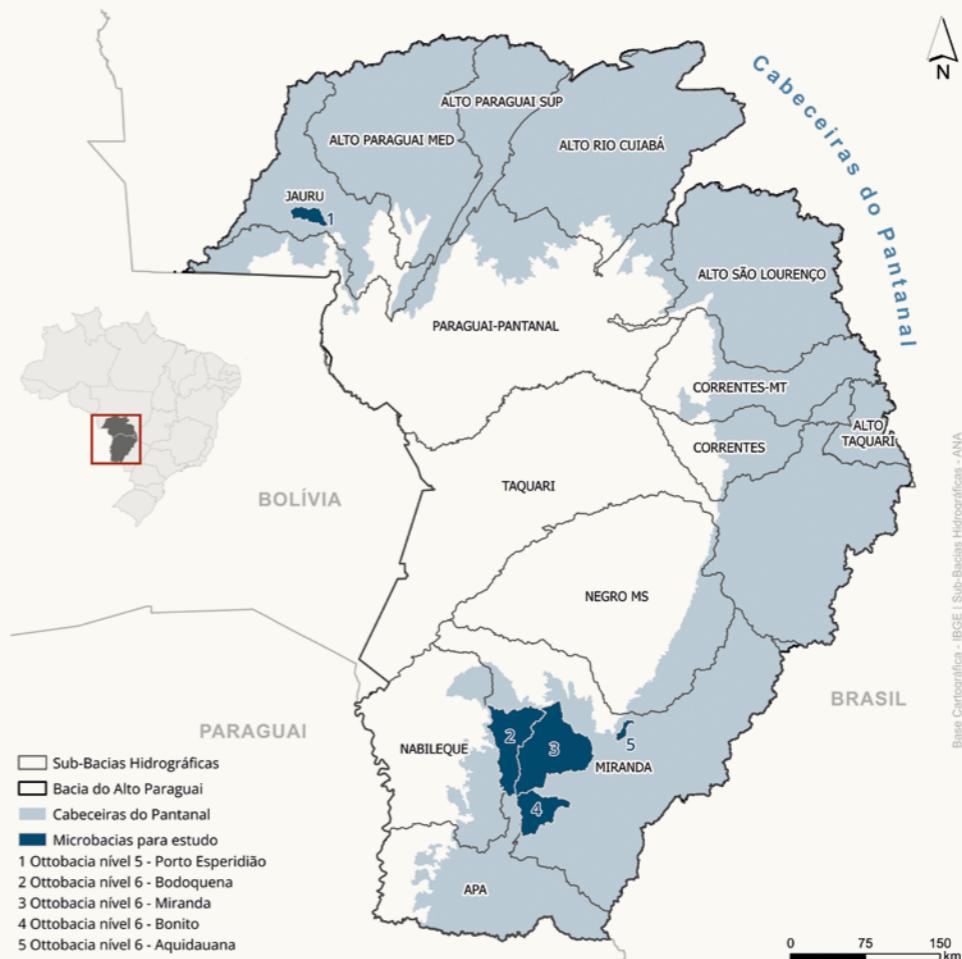
Nestes estudos, foram gerados quatro cenários de priorização para definir em quais locais seriam realizadas ações de intervenção, como restauração e melhores práticas agropecuárias, considerando a seleção de 1%, 5%, 10% e 25% da área total das duas sub-bacias escolhidas (Jauru-MT e Miranda-MS).

Agora, avaliamos algumas microbacias inseridas nas sub-bacias de Jauru (MT) e Miranda (MS) (*Tabela 1; Figura 10*), selecionado as que possuíam a maior densidade populacional (*vide as premissas da análise abaixo*). Isso foi necessário porque a análise de custo-benefício leva em consideração os benefícios sociais gerados, ou seja, água em quantidade e qualidade para a população.

Tabela 1. Microbacias selecionadas para a análise de custo-benefício

| Sub-bacia | Microbacia | Localidades inseridas | Área (ha) | População consumidora de água | Volume de água (m ³ /ano) |
|-----------|------------------|-------------------------------------|-----------|-------------------------------|--------------------------------------|
| Jauru | Córrego Fortuna | Jauru | 1.370 | 5.914 | 495.573 |
| Jauru | Porto Esperidião | Porto Esperidião e Bocaiuval | 43.350 | 10.895 | 516.429 |
| Miranda | Aquidauana | Aquidauana, Anastácio e TI Aldeinha | 15.050 | 71.267 | 516.429 |
| Miranda | Bodoquena | Bodoquena e Morraria do Sul | 235.110 | 8.667 | 516.429 |
| Miranda | Bonito | Bonito | 131.550 | 23.659 | 495.573 |
| Miranda | Miranda | Miranda e Águas de Miranda | 378.730 | 26.536 | 495.573 |

Figura 10. Mapa da Bacia do Alto rio Paraguai (BAP) com microbacias de estudo destacadas, dentro das sub-bacias de Jauru (MT) e Miranda (MS).



PREMISSAS DO ESTUDO DE CUSTO-BENEFÍCIO

A análise tem como premissa que, quanto maior a população da bacia hidrográfica avaliada, maior a demanda por água tratada e, então, maiores serão os custos com o tratamento de água, que são considerados como custos evitados¹⁰ ao se realizar a restauração e conservação do solo nas áreas degradadas.

Assim, locais mais populosos podem apresentar maiores benefícios socioeconômicos – o que não quer dizer que não haja benefícios em

intervenções em locais menos populosos. Na realidade, o benefício hidroambiental, como o aumento da qualidade e quantidade de água com as intervenções, será o mesmo em áreas pouco ou muito populosas. Porém, esta análise considera a valoração dos benefícios com base nos custos evitados, os quais se baseiam majoritariamente em benefícios sociais (produtividade agrícola, tratamento de água e oferta de água no período de estiagem) que tendem a ser menores em localidades com menor número de consumidores de água.

¹⁰ Entendemos como “custo evitado” os custos gerados para compensar algum fator ambiental gerado pela degradação dos recursos naturais, como o aumento do custo de tratamento de água pela maior demanda de químicos e desassoreamento da área de captação; o aumento do custo de correção e tratamento do solo em áreas produtivas para compensar os efeitos da erosão no rendimento das culturas; o aumento no custo de irrigação e o aumento da oferta de água durante a estiagem, que gera benefício financeiro à uma empresa de saneamento proporcional ao incremento no volume de água oferecido.

Para quantificar os serviços hidrossedimentológicos, realizamos um cálculo baseado na diferença entre os serviços gerados atualmente pela paisagem (também chamada de linha de base) e os serviços futuros¹¹ após as intervenções na paisagem e o estabelecimento da vegetação (consideramos o 5º ano após o plantio) (Figura 11). Esses serviços se dividem em:

1) Serviços ambientais sedimentológicos (SAS):

- a. redução da erosão (perda de solo);
- b. sedimentação (aporte de sedimentos) no local de deposição de sedimentos no último ponto de deságue da propriedade (on-site) e no local de deposição de sedimentos no último ponto de deságue das bacias (off-site)

2) Serviços ambientais hidrológicos (SAH):

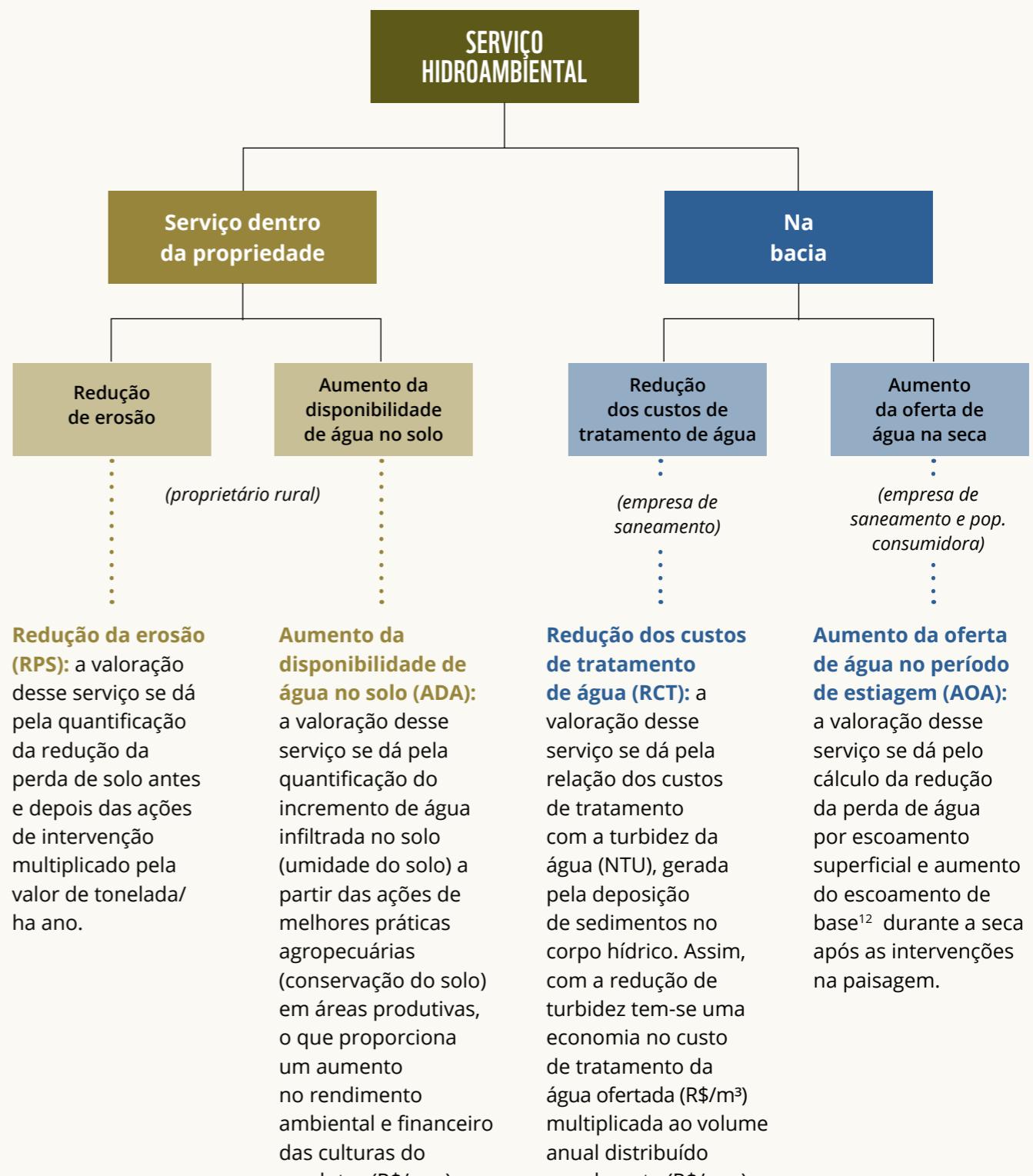
- a. redução do escoamento superficial (perda de água);
- b. aumento da disponibilidade de água no solo (incremento adicional na recarga de água subterrânea) nas áreas produtivas.

Como o cálculo de custo-benefício leva em consideração os benefícios gerados pelos serviços hidroambientais (SAS e SAH), foram considerados três grupos de beneficiários:



O infográfico ao lado mostra os serviços hidroambientais valorados e seus respectivos beneficiários.

Figura 11. Tipos de serviços hidroambientais estudados destacadas, dentro das sub-bacias de Jauru (MT) e Miranda (MS).

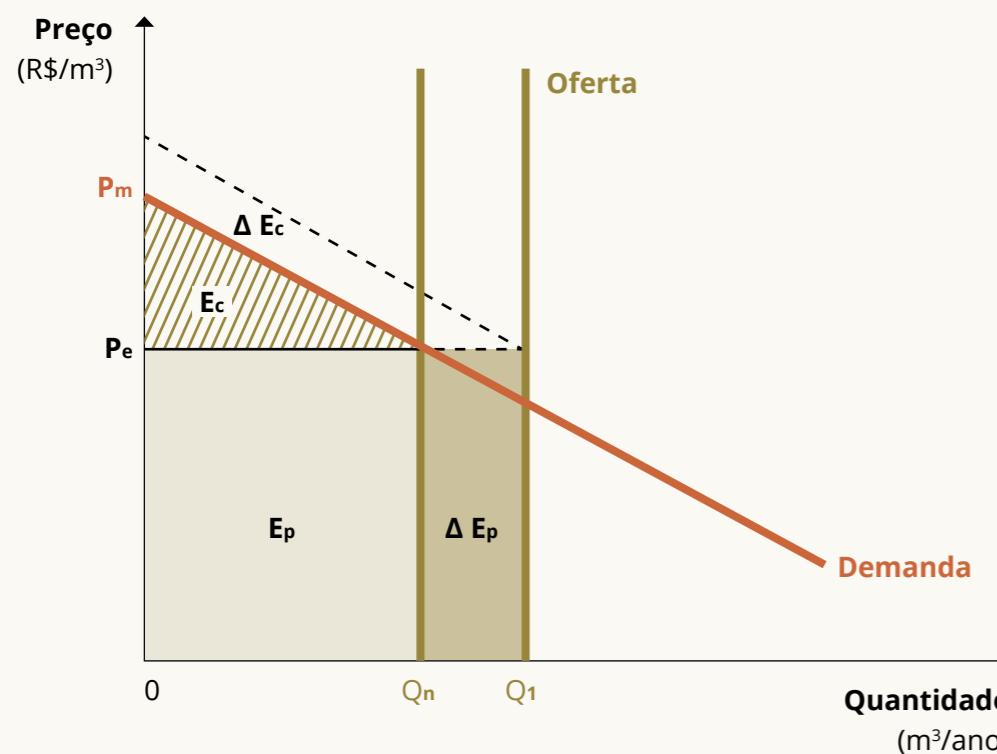


¹¹ Os benefícios hidroambientais gerados após as intervenções foram quantificados a partir de modelagem espacial utilizando InVEST SDR e SWY, com base nos cenários de mudança do uso e cobertura do solo. Ver mais em <<https://naturalcapitalproject.stanford.edu/software/invest>>.

¹² O escoamento (ou vazão) de base, também chamado de vazão mínima, é determinada pela disponibilidade das águas subterrâneas, que são alimentadas pela infiltração da água da chuva e pelas trocas laterais entre reservatórios de água subterrâneos. Garante o fluxo dos rios mesmo na estação seca (estiagem), pois não depende diretamente da água das chuvas recentes.

O serviço hidroambiental representado pelo aumento da oferta de água durante a seca foi quantificado pelo modelo macroeconômico de Marshall¹³, conforme as curvas de Oferta e Demanda de água tratada em uma Estação de Tratamento de Água (ETA), antes e depois das intervenções na bacia (*Figura 12*).

Figura 12. Oferta e Demanda de Água tratada antes e depois da geração de serviços hidroambientais
Adaptado de Chaves (2010).serviços hidroambientais. Adaptado de Chaves (2010).



Situação antes da Intervenção: sem os cenários de intervenção aplicados. No gráfico acima, a quantidade de água ofertada no período de estiagem seria Q_0 , com um preço de equilíbrio P_e (tomado como o preço médio do m³ de água tratada praticado pela empresa). Nessa situação inicial, a empresa teria sua receita bruta (em R\$/ano) dada pela área do retângulo E_p (denominado de Excedente do Produtor de Marshall). No caso dos consumidores de água, o Excedente do Consumidor (em R\$/ano) seria dado pela área do triângulo hachurado E_c .

Situação depois da Intervenção: depois de implantado o cenário de intervenção e com a correspondente geração do Serviço Hidroambiental relativo à quantidade de água na bacia, haveria um aumento da oferta de água no período de estiagem na ETA, representado pelo deslocamento da linha de Oferta para a direita (Q_0 passando para Q_1). Nessa situação, seriam gerados dois serviços ambientais: i) Um aumento da quantidade de água disponível para venda pela empresa de saneamento (aumento do excedente do produtor), dado pelo retângulo ΔE_p , na Figura 12; e ii) Um aumento no excedente do consumidor, dado pela área do trapézio ΔE_c , na mesma Figura. Considera-se, para análise, que preço do m³ da água (P_e) se mantém constante antes e depois das ações de restauração. No caso do valor de AOA na bacia, este seria dado pela soma $\Delta E_p + \Delta E_c$.

O modelo do Excedente do Produtor e do Consumidor de Marshall foi aplicado a cada uma das seis microbacias analisadas no presente estudo (*Tabela 1*), considerando as respectivas populações consumidoras de água (IBGE, 2022), tomando-se como base o consumo de água per capita igual a 47,4 m³/hab.ano.



¹³ CHAVES, H. M. L. (2010). Assessing the mitigating the impacts of climate change and human activities on groundwater quantity and quality of the Guarani aquifer in Ribeirão Preto, Brazil. *Aqua-LAC* Vol 2 (1):45-55.

CUSTOS

Tanto o serviço de redução de perda de solo (erosão) quanto o aumento da disponibilidade de água do solo têm capacidade para aumentar a renda do proprietário rural, uma vez que ambos contribuem para o aumento da produtividade das lavouras e das pastagens. A produtividade de uma lavoura típica de soja no Cerrado tem relação com a umidade disponível no solo e, de acordo com o estudo de Oliveira et al. (2020)¹⁴, a cada 1mm adicional de água infiltrada no solo, há um aumento de até R\$9,39/ha no rendimento econômico da área produtiva.

Para valorar o custo evitado pela redução de erosão de 1t/ha.ano, foi utilizado o valor médio de R\$40/ha/ano. Esse valor foi escolhido com base no estudo de Ruppert et al. (2024)¹⁵ que demonstrou que a perda evitada de 1 tonelada de solo por ano por hectare, nos Estados Unidos, evita um custo entre R\$10 e R\$100 por hectare por ano.

Os custos de melhores práticas agropecuárias (MPA) (ex.: técnicas de conservação de solo, reabilitação de pastagens ou adoção de sistemas integrados pastagem-lavoura-floresta) e restauração da vegetação nativa se basearam em valores utilizados pelo WWF-Brasil em trabalhos na região de Cabeceiras. Foram considerados custos conservadores de R\$8.500/ha para a adoção de melhores práticas agropecuárias, e dois valores para a restauração da vegetação nativa: R\$ 20.000/ha (considerando a cadeia estruturada) e R\$30.000/ha (considerando a cadeia da restauração não estruturada). Para ambos os valores, a restauração inclui técnicas de plantio e cercamento de áreas. Considera-se uma cadeia de restauração estruturada quando há insumos de qualidade (mudas e sementes) e em quantidade suficiente, mão de obra de qualidade e conhecimento sobre técnicas de restauração disseminadas.

Considerou-se como “custos de intervenção” a soma dos custos de implementação de MPA com os custos de restauração nas áreas prioritárias das paisagens selecionadas. Esses estão descritos na Tabela 2 ao lado.

¹⁴ OLIVEIRA, S. A. (2020). Efeito do estresse hídrico em cultivo de soja. Anais do III Comsoja, Santa Maria.

¹⁵ RUPPERT, S., J. COPPES, W. FATHAUER & M. SKIDMORE. (2024). A Menace to National Welfare Reconsidered, Part 1: Reviewing the Costs of Erosion. Farmdoc daily (14):52, Department of Agricultural and Consumer Economics, University of Illinois at Urbana-Champaign.

Tabela 2. Áreas e custos totais de intervenção para cada cenário e paisagem estudada, considerando o custo de R\$30.000 por hectare a restaurar e R\$8.500 por hectare com MPA

| Paisagem | Área (ha) e custos de intervenção (mil R\$) | | | | | | | |
|-------------------------|---|-----------------|-----------|-----------------|-----------|-----------------|-----------|-----------------|
| | Cenários prioritários de intervenção* | | | | | | | |
| | 1% | | 5% | | 10% | | 25% | |
| | Área (ha) | Custo (R\$ mil) | Área (ha) | Custo (R\$ mil) | Área (ha) | Custo (R\$ mil) | Área (ha) | Custo (R\$ mil) |
| Córrego Fortuna | 19,7 | 591,3 | 102,2 | 2.948,4 | 231,1 | 4.061,8 | 720,1 | 6.120,68 |
| Porto Esperidião | 305,8 | 4.454,8 | 1.385,1 | 32.275,8 | 1.379,0 | 32.131,5 | 7.346,4 | 192.110,9 |
| Aquidauana | 700,1 | 16.781,1 | 1.524,2 | 40.078,9 | 2.221,2 | 56.879,7 | 3.802,8 | 104.555,2 |
| Bodoquena | 454,2 | 12.678,8 | 3.385,6 | 96.540,8 | 6.188,5 | 178.291,9 | 15.029,2 | 434.149,2 |
| Bonito | 335,3 | 7.327,6 | 1.545,0 | 42.157,5 | 3.026,4 | 83.227,1 | 8.070,2 | 226.695,6 |
| Miranda | 1.814,1 | 37.111,1 | 9.574,6 | 266.391,5 | 18.819,7 | 542.301,1 | 53.924,8 | 1.588.947,8 |

* Considerando as áreas prioritárias definidas pelo estudo de Planejamento Espacial publicado em 2023

A quantificação dos serviços hidroambientais e a valoração dos benefícios socioeconômicos gerados pelos cenários de intervenção em cada paisagem podem ser encontrados no material suplementar, no QR Code ao lado.

VIABILIDADE (*trade-off*)

A viabilidade socioeconômica dos cenários de intervenção nas microbacias é dada pela relação entre Custo/Benefício, na qual, para cada $C = R\$1$ (custo) investidos na bacia, seriam obtidos $B = R\$X$ como benefícios gerados. Valores de $C/B > 1$ são economicamente viáveis. Em contrapartida, os valores de $C/B < 1$ não indicam necessariamente a inviabilidade do cenário, apenas demonstram que os benefícios socioambientais não se equiparam aos custos, sendo necessário, por exemplo, ter mais áreas de intervenção para deixar a balança positiva $C/B >=1$.

As tabelas a seguir apresentam os valores de custo-benefício (C/B) para os locais e cenários de priorização analisados, considerando dois valores para o custo de restauração: igual a R\$30.000 (*Tabela 3*) e R\$20.000 (*Tabela 4*). As tabelas mostram que para cada 1 real investido em intervenções nas paisagens teremos de R\$ 0,1 a 8,2 reais de retorno (custo evitado).



Material
suplementar

Tabela 3. Valores de C/B para 5 anos após o estabelecimento das práticas e vegetação restaurada, considerando o custo de restauração de R\$ 30.000 por hectare

| Retorno financeiro para cada R\$1 investido após 5 anos do estabelecimento da vegetação | | | | |
|---|---------------------------------------|----------|---------|----------------|
| Paisagem | Cenários prioritários de intervenção* | | | |
| | 1% | 5% | 10% | 25% |
| Córrego Fortuna | R\$ 0,8* | R\$ 0,5* | R\$ 1,2 | R\$ 2,8 |
| Porto Esperidião | R\$ 6,1 | R\$ 3,7 | R\$ 3 | R\$ 3,8 |
| Aquidauana | R\$ 0,3* | R\$ 3,8 | R\$ 4,1 | R\$ 4,7 |
| Bodoquena | R\$ 5,6 | R\$ 2,8 | R\$ 3,3 | R\$ 2,6 |
| Bonito | R\$ 0,1* | R\$ 2 | R\$ 2,5 | R\$ 3,3 |
| Miranda | R\$ 3 | R\$ 3 | R\$ 2,5 | R\$ 2,4 |

*Solução: adensamento de áreas de restauração, aumento de hectares implementados e estruturação da cadeia da restauração)

Tabela 4. Valores de C/B para 5 anos após o estabelecimento das práticas e vegetação restaurada, considerando o custo de restauração de R\$20.000 por hectare

| Retorno financeiro para cada R\$1 investido após 5 anos do estabelecimento da vegetação | | | | |
|---|---------------------------------------|-----------|--------------|--------------|
| Paisagem | Cenários prioritários de intervenção* | | | |
| | 1% | 5% | 10% | 25% |
| Córrego Fortuna | R\$ 1,2 | R\$ 0,8** | R\$ 1,4 | R\$ 2,8 |
| Porto Esperidião | R\$ 7,6 | R\$ 5,3 | R\$ 4,3 | R\$ 5,6 |
| Aquidauana | R\$ 0,5** | R\$ 5,5 | R\$ 6 | R\$ 7 |
| Bodoquena | R\$ 8,2 | R\$ 4,2 | R\$ 5 | R\$ 3,8 |
| Bonito | R\$ 0,1** | R\$ 3 | R\$ 3,7 | R\$ 5 |
| Miranda | R\$ 4,1 | R\$ 4,4 | R\$ 3,7 | R\$ 3,6 |

**Solução: adensamento de áreas de restauração e aumento de hectares implementados

CONCLUSÃO

Dos 24 cenários avaliados, 20 apresentaram custo-benefício positivo ($C/B > 1$), ou seja, os custos de implementação da restauração e das melhores práticas agropecuárias foram menores que os custos que os proprietários rurais e as empresas de saneamento teriam para compensar, respectivamente, a baixa produtividade do solo e má qualidade da água captada.

Para o cenário de 1%, que considera as áreas mais prioritárias para intervenção, o melhor custo-benefício foi identificado em Porto Esperidião (intervenção em 306 hectares), na sub-bacia do rio Jauru (MT), onde para cada 1 real investido em ações de restauração e conservação do solo, há retorno de R\$6 (Tabela 3) a R\$7,6 (Tabela 4). Em seguida, a microbacia que demonstrou maior viabilidade foi a de Bodoquena (intervenção em 455 hectares), na sub-bacia do rio Miranda (MS), com retornos que variaram entre 5,6 (Tabela 3) e 8,2 (Tabela 4).

Para o cenário de 25%, que considera a maior área de intervenção, a microbacia de Aquidauana (intervenção em 3.803 hectares) apresentou os melhores valores de B/C, com retorno financeiro de R\$4,7 a R\$7 reais para cada R\$1 investido.

O estudo demonstra a **importância de ações integradas** e adensadas de restauração e melhores práticas agropecuárias (conservação do solo) para diminuir custos e ter mais impacto na qualidade (controle de erosão e maior infiltração de água) e quantidade de água (incremento na vazão de base e maior infiltração de água). Um maior número de hectares implementados numa mesma microbacia tende a potencializar os **benefícios ambientais e sociais gerados**.

A restauração e a sustentabilidade não são custos, mas sim investimentos com retorno garantido para todos os envolvidos.

Por isso, os benefícios socioambientais poderão ser maiores do que os gerados em uma paisagem com ações pulverizadas. Além disso, os resultados ressaltam os benefícios estratégicos da estruturação da cadeia de restauração, não apenas para reduzir custos com a implementação, mas também como uma forma de engajamento de atores para melhoria da resiliência hídrica.

Figura 13. Benefícios sociais, econômicos e ecológicos gerados por diferentes tomadas de decisão — ações concentradas (**a**) e pulverizadas (**b**).

a) Paisagem com a cadeia da restauração estruturada e ações de plantio concentradas, diminuindo custos e aumentando os impactos positivos sobre a resiliência hídrica, a biodiversidade, a alimentação e a renda local.



b) Paisagem com a cadeia da restauração não estruturada e ações de plantio dispersas e não coordenadas, aumentando custos e diminuindo os impactos positivos sobre a resiliência hídrica, a biodiversidade, a alimentação e a renda local.



ESTUDO 3: Tendências Climáticas e Hídricas nas Cabeceiras do Pantanal

4.



FOCO

As chuvas estão diminuindo nas Cabeceiras? Este estudo visa analisar tendências de chuvas, vazão dos rios nas Cabeceiras do Pantanal e como isso afeta as áreas alagadas no Pantanal.



LOCAL

Bacias dos rios Jauru (Mato Grosso-MT), Taquari e Miranda (Mato Grosso do Sul-MS)



MENSAGENS PRINCIPAIS

- De acordo com a série histórica de 1986 a 2023, as sub-bacias dos rios Jauru (MT) e Taquari (MS) apresentam tendência de queda de chuva e vazão;
- Já a sub-bacia do rio Miranda (MS) mostrou um aumento discreto na chuva e na vazão, que se mostrou insuficiente para manter a superfície de água na planície inundável (Pantanal);
- A superfície de água do Pantanal reduziu 61% desde 1985, e essa redução está refletida nas áreas de planícies das três bacias estudadas.

O termo “**Mudanças Climáticas**” é utilizado pela Organização Meteorológica Mundial (OMM) para se referir às alterações climáticas que podem ser identificadas pelos parâmetros médios e/ ou variações de variáveis climáticas (temperatura e precipitação, por exemplo) que persistem por longos períodos, normalmente décadas ou mais. As mudanças no clima podem ocorrer por eventos naturais (como erupções vulcânicas) ou antropogênicos (induzidas pelo ser-humano — como poluição do ar por indústrias).

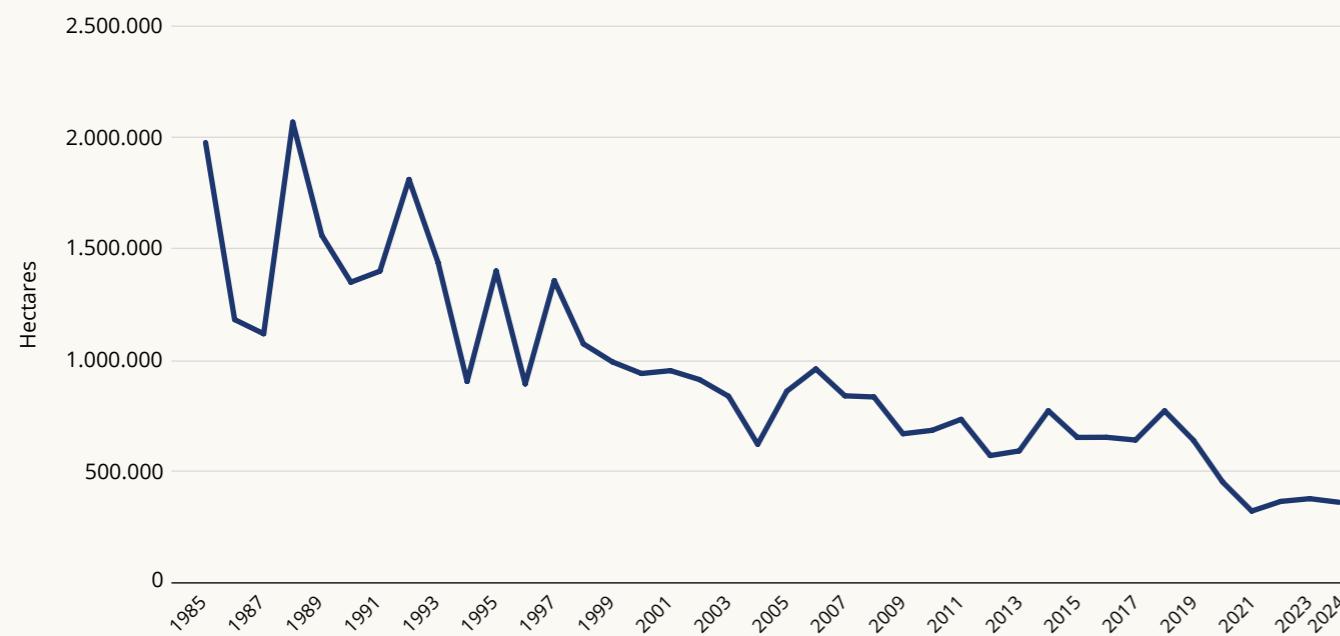
Independentemente do motivo, os efeitos das mudanças já estão sendo sentidos, como por exemplo períodos de secas prolongadas, chuvas muito intensas e ondas de calor, que causam impacto na agricultura, nos volumes dos rios e na saúde da população.

Diversas regiões da América do Sul têm registrado frequentes secas prolongadas, aumento nas temperaturas mínimas, máximas e médias, além de grandes e frequentes incêndios. Na Bacia do Alto rio Paraguai (BAP), a realidade não é diferente e, inclusive, os meios de comunicação têm frequentemente divulgado a escassez hídrica da região.

O regime hídrico dos rios está relacionado às taxas de precipitação e evapotranspiração de toda a bacia hidrográfica. Mudanças nas séries históricas de chuva podem refletir posteriores alterações nos padrões das séries de vazão superficial dos rios. Devido à dinâmica dos pulsos de inundação que caracterizam o Pantanal, a contribuição hídrica da região das Cabeceiras do Pantanal em relação à vazão dos rios regula as atividades desenvolvidas na planície, como a navegação, turismo, pesca e pecuária. Ou seja, gera impactos diretos ao bioma pantaneiro e ao modo de vida da população.

De acordo com MapBiomas Água, o Pantanal já perdeu 61% da superfície de água desde 1985 em relação à média histórica (1985 a 2024), com registro de cerca de 365 mil hectares de área inundada em 2024 (*Figura 14*).

Figura 14. Gráfico com a área (há) de superfície de água no Pantanal. Adaptado de MapBiomas Água.



Diante da importância das Cabeceiras para a contribuição hídrica do Pantanal, este estudo buscou analisar a tendência¹⁶ das séries históricas de precipitação¹⁷ e vazão¹⁸ dos rios das três sub-bacias contribuintes do Pantanal e que são prioritárias para o WWF-Brasil: bacia do rio Jauru (MT), Taquari e Miranda (MS), e avaliar a correlação com a área alagada na planície pantaneira referente a cada bacia.

A definição de limite das áreas de estudo nas três bacias estudadas foi realizada a partir de análise espacial em ambiente SIG¹⁹, tendo como base o ponto de deságue de cada sub-bacia estudada com a estação fluviométrica situada na divisa entre planalto (Cabeceiras) e planície (Pantanal) das bacias. Foram utilizadas três estações da Agência Nacional de Águas – ANA para dados de vazão: #66072000 (Porto Esperidião), #66870000 (Coxim) e #66910000 (Miranda), obtidos na plataforma HidroWeb.

Utilizou-se o dado do satélite do *Climate Hazards Group InfraRed Precipitation with Station Data - CHIRPS* para informações de precipitação, corrigido e calibrado de acordo com os dados registrados em estações pluviométricas da ANA, distribuídas pela área de Cabeceiras das bacias de estudo (#18558004 – Alto Jauru, #1853002 – Cachoeira Pólvora, #1853003 - Jauru, #1954004 - Camapuã, #2156001 – Jardim, #2056003 – Estrada MT-738).

Os dados de superfície de água no Pantanal utilizados foram obtidos pelos mapas mensais do Projeto MapBiomas Água, Coleção 3. Para realizar a análise estatística da série temporal hidrológica, os dados foram organizados em totais mensais (precipitação) e médias mensais (vazão e superfície de água), abrangendo 37 anos hidrológicos (outubro a setembro), entre 1986 e 2023, uma vez que são necessários pelo menos 30 anos de dados para garantir uma estabilidade climática.

¹⁶ As análises de tendências foram realizadas a partir da aplicação testes estatísticos de Mann-Kendall e correlação de Spearman.

¹⁷ Volume de água da chuva medido em milímetros

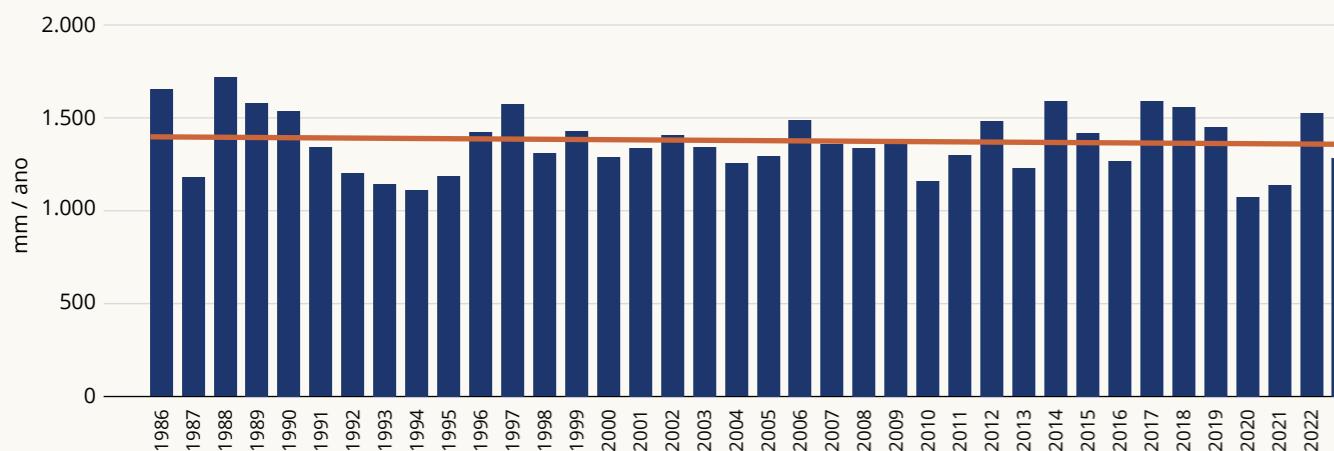
¹⁸ Volume de água que flui em um determinado ponto do rio por uma unidade de tempo, medido em metros cúbicos por segundo

¹⁹ Sistema de Informação Geográfica

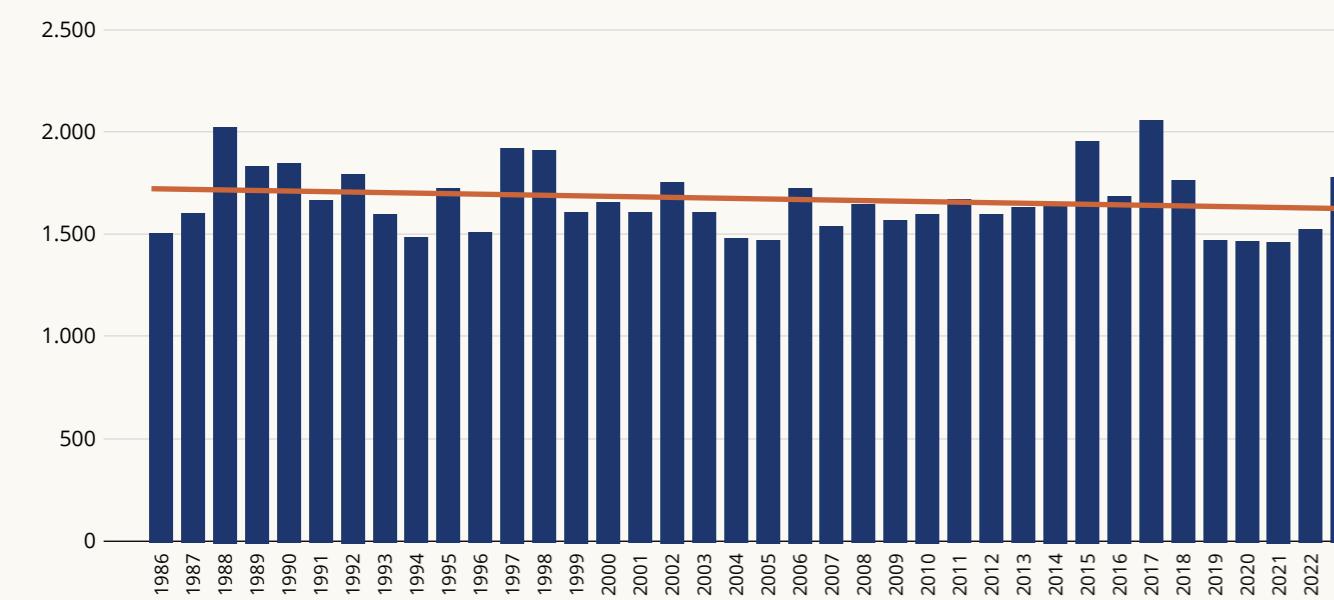
O resultado encontrado foi uma **tendência de redução da precipitação e vazão das bacias do rio Jauru (MT) e Taquari (MS)** (Figura 15). As análises mostraram tendência de forte redução na vazão do rio Taquari, onde identificou-se correlação positiva com a superfície de água na planície da bacia. Já a bacia de Jauru apresentou correlação baixa ($r = 0,06$), visto que a área de Pantanal da bacia é pequena, e as áreas alagadas são efêmeras – que se alagam apenas durante ou logo após os períodos de chuva.

Figura 15. Gráficos de série histórica de precipitação na bacia do rio a) Jauru e b) Taquari, e série histórica de vazão superficial da bacia do rio c) Jauru e d) Taquari.

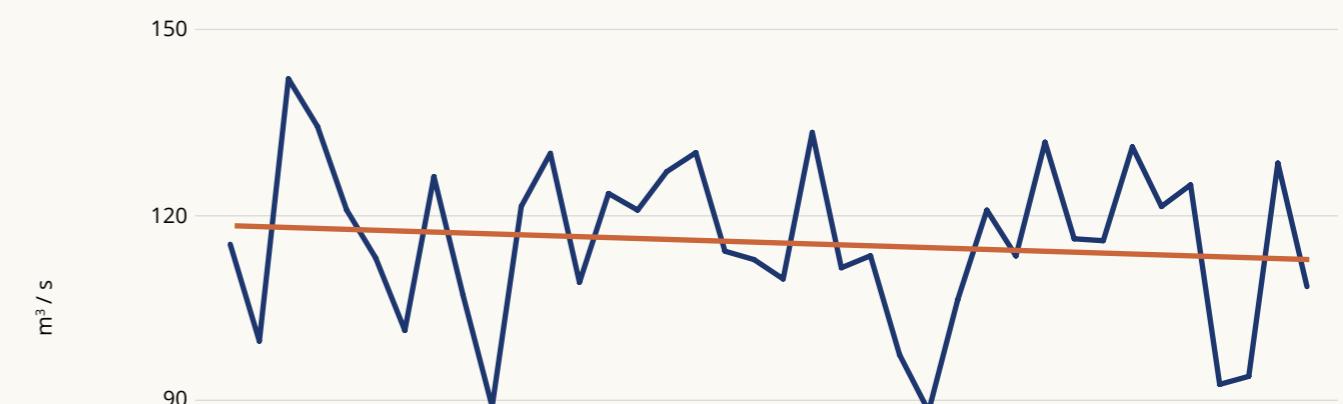
a) PRECIPITAÇÃO NA BACIA DO RIO JAURU



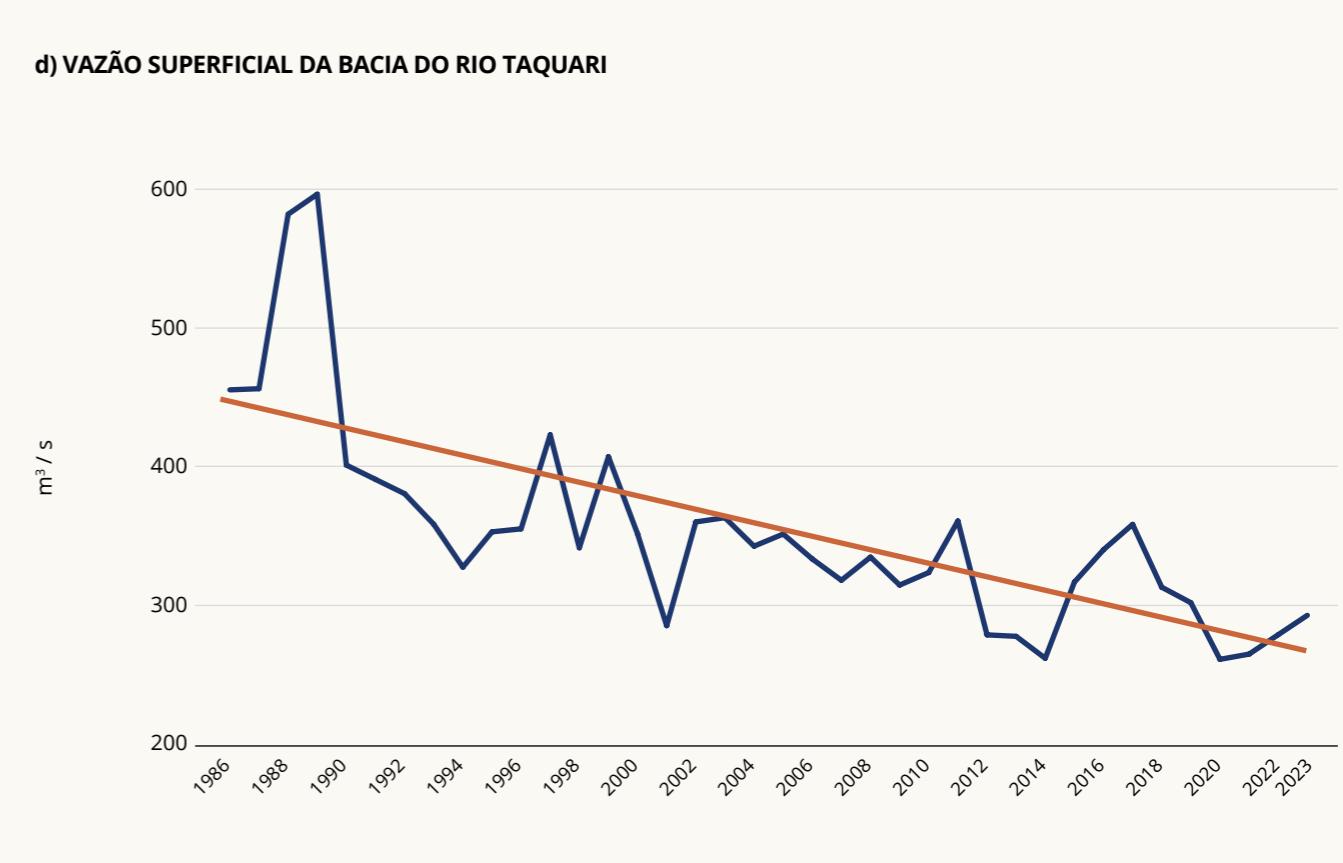
b) PRECIPITAÇÃO NA BACIA DO RIO TAQUARI



c) VAZÃO SUPERFICIAL DA BACIA DO RIO JAURU



d) VAZÃO SUPERFICIAL DA BACIA DO RIO TAQUARI

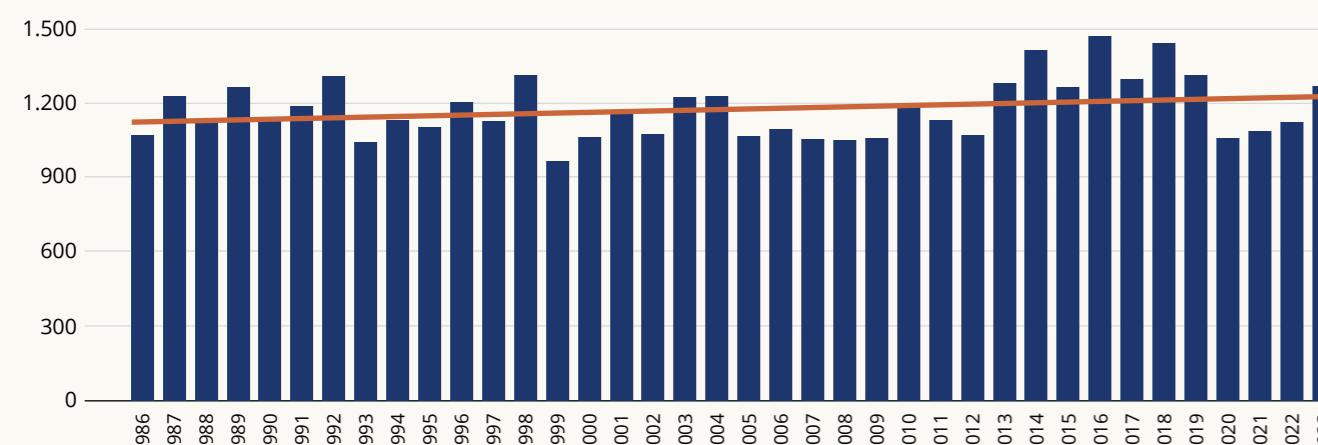


²⁰ O sistema climático predominante das bacias do rio Jauru e Taquari é o Aw, típico de Cerrado, com estações bem definidas. Já a bacia do rio Miranda apresenta predominância do clima Am, mais úmido e de estação seca mais curta.

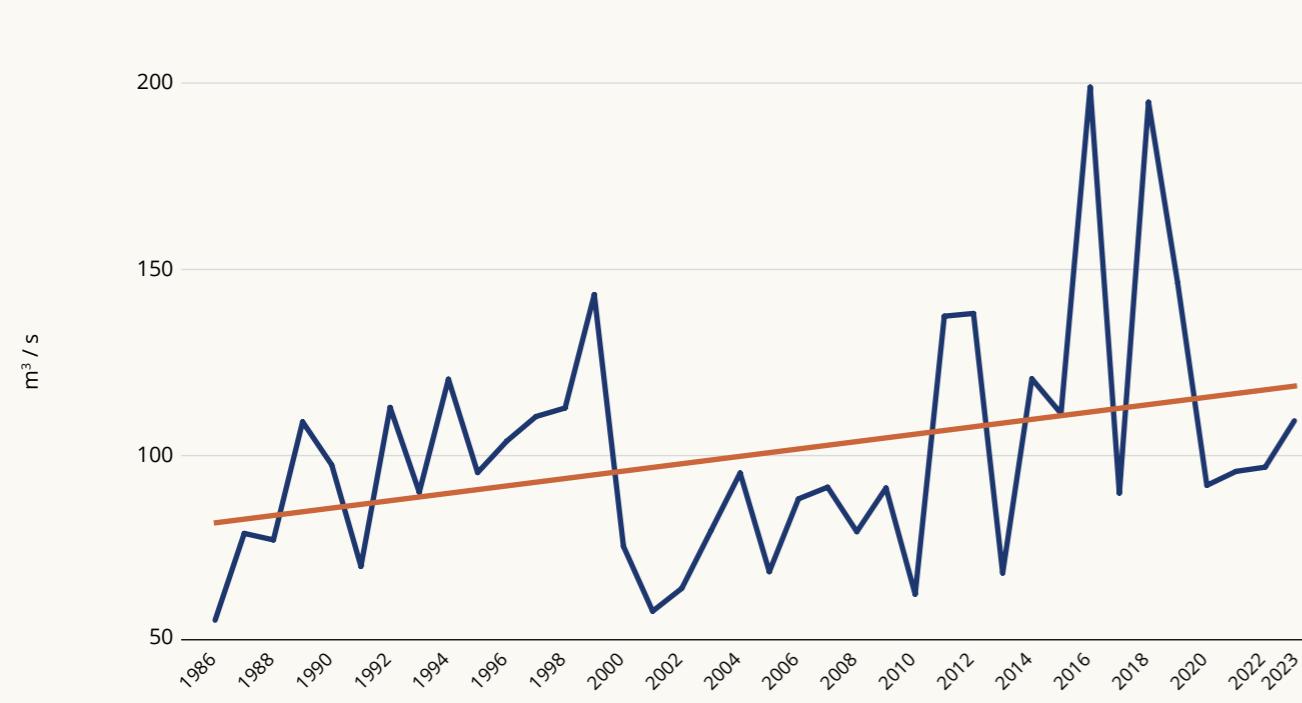
Para a Bacia do rio Miranda (MS), foi identificada uma tendência de aumento na precipitação e na vazão do rio (*Figura 16*), resultados opostos aos encontrados para as demais sub-bacias. Isso pode ser explicado pela influência de um sistema climático diferente²⁰, motivado pela região de transição Cerrado – Mata Atlântica.

Figura 16. Gráficos de série histórica de a) precipitação e b) vazão superficial na bacia do rio Miranda.

a) PRECIPITAÇÃO NA BACIA DO RIO MIRANDA



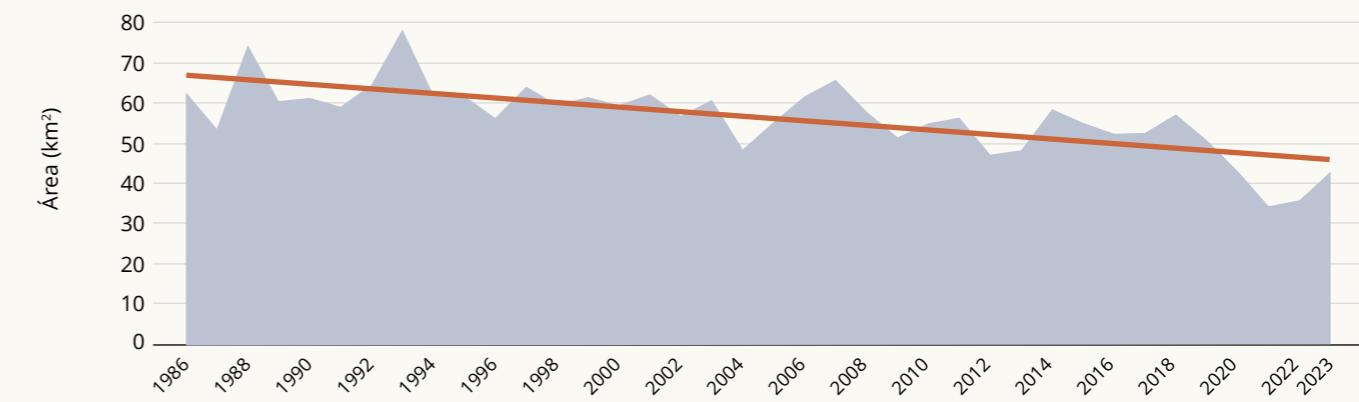
b) VAZÃO SUPERFICIAL DA BACIA DO RIO MIRANDA



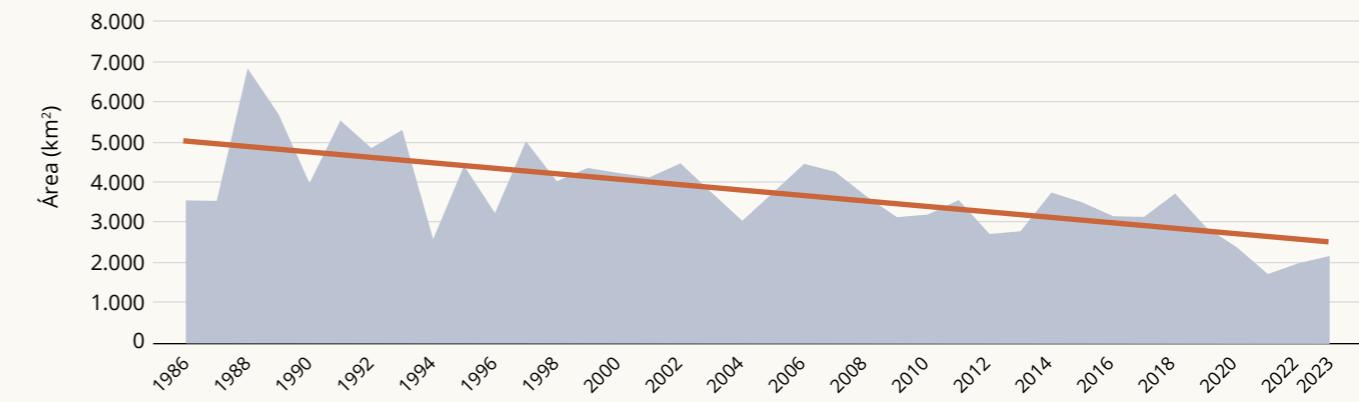
As áreas alagadas na planície das três sub-bacias estudadas mostraram forte tendência de redução (*Figura 17*), refletindo a realidade de todo o bioma Pantanal.

Figura 17. Gráficos da série temporal de superfície de água na região de planície das bacias do rio a) Jauru (MT), b) Taquari (MS) e c) Miranda (MS).

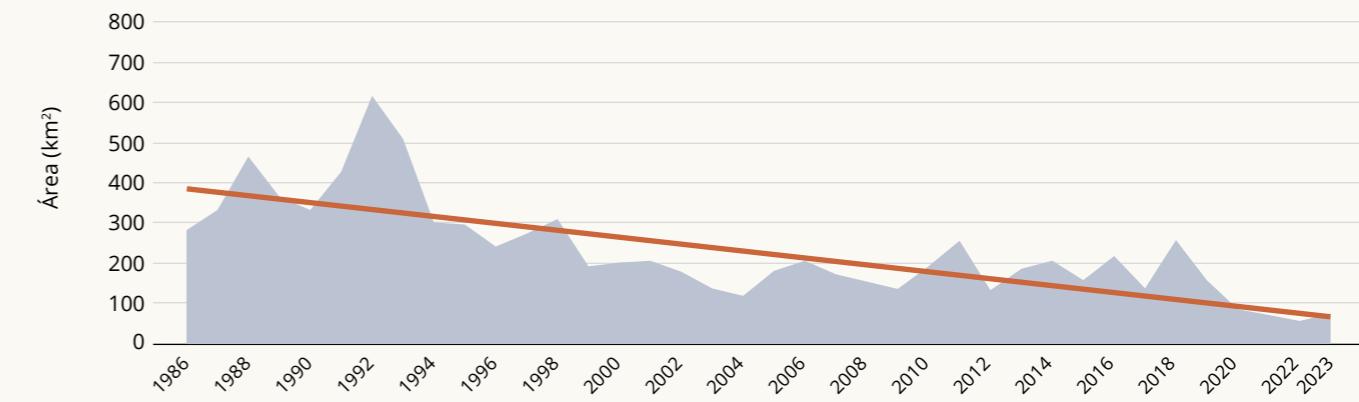
a) SUPERFÍCIE DE ÁGUA NA REGIÃO DE PLANÍCIE DAS BACIAS DO RIO JAURU



b) SUPERFÍCIE DE ÁGUA NA REGIÃO DE PLANÍCIE DAS BACIAS DO RIO TAQUARI

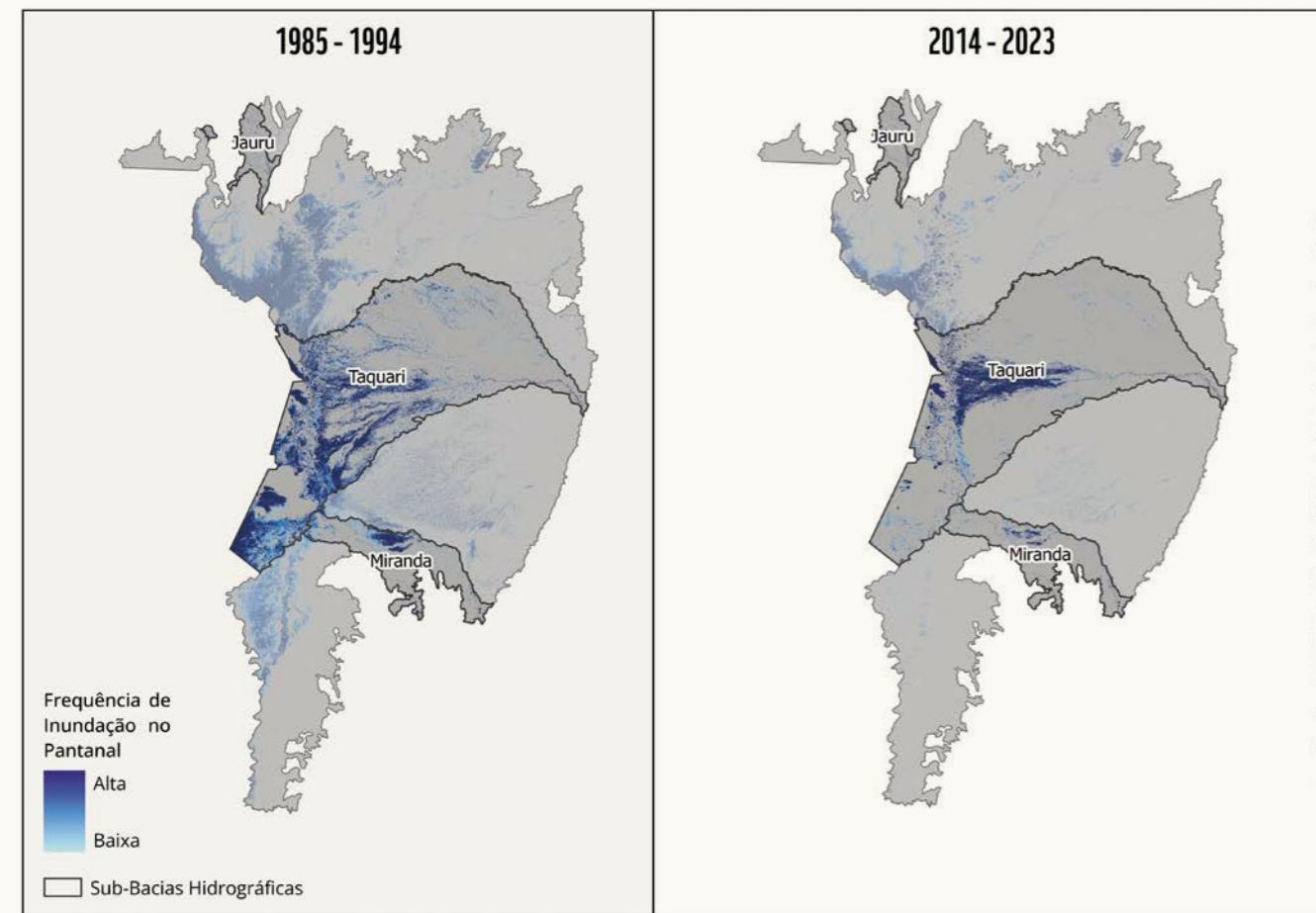


c) SUPERFÍCIE DE ÁGUA NA REGIÃO DE PLANÍCIE DAS BACIAS DO RIO MIRANDA



O rio Taquari é um dos maiores contribuintes do rio Paraguai e a área de Pantanal da Bacia do rio Taquari forma uma das principais regiões de área permanentemente alagada do bioma, chamado de megaleque aluvial do Taquari (*Figura 18*). Assim, a redução observada na série histórica de precipitação e vazão é preocupante e reflete os impactos do acelerado uso e ocupação do solo, principalmente pelo desmatamento e conversão de áreas para agricultura e pastagem.

Figura 18. Mapa de frequência de alagamento do Pantanal em diferentes décadas: **a)** 1985 a 1994 e **b)** 2014 a 2023.



As mudanças e variabilidades climáticas encontradas afetam diretamente a sustentabilidade do bioma Pantanal e a resiliência hídrica de toda a BAP. A cada ano, **as secas na região estão cada vez mais severas e prolongadas, influenciando outros fenômenos ambientais-climáticos extremos**, como o aumento das temperaturas, aumento da evapotranspiração e o ressecamento dos corpos hídricos.

O estudo completo está publicado como artigo científico e disponível em <https://doi.org/10.3390/w17101549>

Mesmo que algumas bacias ao sul da BAP apresentem tendência positiva nas séries históricas de precipitação e vazão, esse incremento ainda não é capaz de suprir o ressecamento que vem acontecendo na maior parte da bacia, principalmente nas regiões de intensa conversão de áreas naturais para agricultura e pecuária. A implementação de ações de conservação com foco em recursos hídricos na paisagem das Cabeceiras do Pantanal é fundamental para minimizar os efeitos das mudanças climáticas, promovendo maior infiltração de água e, portanto, aumentando a vazão de base dos rios, responsável pela disponibilidade hídrica dos rios durante o período de estiagem.



5.

INTEGRAÇÃO DOS RESULTADOS

Uma chamada à ação



Os estudos apresentados fornecem um panorama sobre os impactos do uso e cobertura do solo na conservação e preservação dos recursos naturais, com foco em água e solo. Além disso, mostram o quanto importante é a união de esforços e iniciativas em um mesmo local para dar escala às ações de implementação “no chão”. Só assim conseguiremos **maximizar os benefícios ecossistêmicos e econômicos, diminuir custos, garantir a longevidade das ações e gerar maior impacto na paisagem.**



O primeiro estudo mostra que a vegetação tem um importante papel a cumprir no ciclo da água e proteção do solo, impactando positivamente a quantidade e qualidade da água, fato já destacado há décadas por ambientalistas e comunidades tradicionais. O segundo estudo mostra que o investimento em ações de restauração e conservação do solo são financeiramente viáveis, podendo retornar um valor até 8 vezes maior que o valor investido. E o último estudo reforça a urgência de ação ao mostrar que as chuvas e as vazões dos rios já estão diminuindo na paisagem, o que afeta os demais recursos naturais da paisagem, o bem-estar social e a economia.

Todas as metodologias utilizadas são replicáveis em outras bacias hidrográficas do país, respeitando o contexto da paisagem de cada local.

UM CICLO DE BENEFÍCIOS INTERCONECTADOS

Quando combinados, os três estudos demonstram como ações integradas podem criar um ciclo positivo:



A restauração da vegetação nativa reduz a erosão e melhora a infiltração de água. Consequentemente, incrementa a vazão de base que é responsável pela disponibilidade de água nos corpos hídricos durante a seca.



A conservação do solo e a adoção de melhores práticas agropecuárias, especialmente com sistemas integrados, aumentam a produtividade da área e reduzem custos de tratamento e irrigação do solo por parte do produtor e empresas.



O manejo sustentável da terra contribui positivamente para a dinâmica hídrica da paisagem, com benefícios locais que também refletem benefícios na planície do Pantanal.



As ações de intervenção aqui estudadas se complementam, oferecendo soluções que atendem tanto às necessidades locais quanto aos desafios globais, como a adaptação às mudanças climáticas.



A confiabilidade dos dados científicos gerados pode ser utilizada para ampliar a sensibilização e engajamento de atores para adoção de melhores práticas agropecuárias.

UM CONVITE PARA PARCERIAS E AÇÕES COLETIVAS

Os resultados deixam claro que o caminho para a sustentabilidade exige esforços conjuntos, integrados e multidisciplinares. Empresas, produtores rurais, instituições de pesquisa e a sociedade em geral desempenham papéis cruciais nesse processo. Com base nas evidências apresentadas, fazemos um chamado à ação:

Empresas e financiadores: Invistam em projetos de restauração e manejo do solo em uma sub-bacia e a longo prazo, considerando a estruturação da cadeia como um todo. Ao agregar ações e viabilizar a manutenção e monitoramento das áreas implementadas, ampliamos os retornos socioambientais e diminuímos os custos!

Organizações implementadoras: Usem este relatório como base científica para ampliar suas ações e atrair novos parceiros, bem como para sensibilizar proprietários quanto à importância e benefícios econômicos e ambientais da restauração.

Proprietários de terra: Restaurem suas nascentes e beiras de rio, recuperem suas pastagens e adotem práticas de manejo sustentável para aumentar a produtividade, garantir a água na propriedade e proteger seu patrimônio natural. Divulguem essas informações para sensibilizar outros proprietários quanto à importância e benefícios da restauração.

Sociedade: Apoie e divulgue ações de conservação como ferramentas para mitigar os impactos das mudanças climáticas. Cobre empresas, governos e a sociedade para implementar mais ações de restauração e o uso consciente do solo e da água.

Governos: Auxiliem e promovam a criação e implementação de políticas públicas para a estruturação da cadeia da restauração, definição de áreas prioritárias e destinem recursos para a recuperação de áreas degradadas, ampliando o engajamento de atores e arranjos produtivos para a conservação da paisagem.

Para saber mais sobre as metodologias dos estudos, acesse o QR-Code disponibilizado ao final dessa publicação.



FICHA TÉCNICA

Projeto "Águas para todos" –
restauração e benefícios hídricos
nas Cabeceiras do Pantanal

WWF-BRASIL

Equipe Técnica

Maria Eduarda Coelho

Catarina Batista

Veronica Maioli

Equipe de Comunicação

Ana Paula Jaquelli (WWF-Brasil)

Roberta Rodrigues (A&F Conversa)

Projeto gráfico e design editorial

Laboota

Colaboradores

Hidrobase (UnB) e Hidrosed (UFMS)

Citação

Coelho & Maioli (org.) 2025. O VALOR DA RESTAURAÇÃO: COMO A COBERTURA VEGETAL REDUZ EROSÃO E GERA BENEFÍCIOS ECONÔMICOS E RESILIÊNCIA HÍDRICA NAS CABECEIRAS DO PANTANAL. WWF-Brasil.

ISBN nº 978-65-89267-15-7

Ano de publicação

2025



aegea

QUER SABER
MAIS?
ACESSE
O QR CODE

