



Água Brasil

PEGADA HÍDRICA DAS BACIAS HIDROGRÁFICAS



RESUMO EXECUTIVO

PEGADA HÍDRICA DAS BACIAS HIDROGRÁFICAS

CANCÃ-MOINHO/SP

GUARIROBA/MS

PIPIRIPAU/DF e GO

PERUAÇU/MG

LENÇÓIS/SP

IGARAPÉ SANTA ROSA/AC

LONGÁ/PI

FICHA TÉCNICA

Banco do Brasil

Robson Rocha – Vice Presidente Gestão de Pessoas e Desenvolvimento Sustentável

Rodrigo Santos Nogueira – Gerente Geral Desenvolvimento Sustentável

Wagner de Siqueira Pinto – Gerente Executivo

Ana Maria Rodrigues Borro Macedo – Gerente de Divisão

Agência Nacional de Águas

Vicente Andreu Guillo – Diretor-Presidente da Agência Nacional de Águas

Ricardo Medeiros de Andrade – Superintendente de Implementação de Programas e Projetos

Devanir Garcia dos Santos – Gerente de Uso Sustentável de Água e Solo

Marcelo Mazzola – Especialista em Recursos Hídricos

Fundação Banco do Brasil

José Caetano de Andrade Minchillo – Presidente

Marcos Melo Frade – Diretor Executivo de Desenvolvimento Social

José Climério Silva de Souza – Gerente de Divisão

Maria da Conceição Cortez Gurgel – Gerente de Divisão

WWF-Brasil

Maria Cecília Wey de Brito – Secretária Geral

Mauro Armelin – Superintendente de Conservação

Glauco Kimura – Coordenador do Programa Água para a Vida

Antonio Cristiano Cegana – Gerente de Projetos de Conservação

Leda Fontelles da Silva Tavares – Especialista em Conservação

Artur Orelli Paiva – Analista de Conservação

Coordenação Geral

Artur Orelli Paiva – WWF-Brasil

Equipe Técnica

Fundação para o Incremento da Pesquisa e Aperfeiçoamento Industrial – FIPAI

Escola de Engenharia de São Carlos da Universidade de São Paulo – EESC-USP

Prof. Dr. Eduardo Mario Mendiondo

Resumo Executivo

Renato Nassau Lôbo e Henrique Eduardo da Rocha Frota – Difusão Ambiental

Soluções gráficas

Albano Henrique de Araújo

Foto da Capa © WWF-Brasil / Bento Viana

Edição e Revisão

Fidelity Traduções

Camila Rossi e Damaris Adamucci – WWF-Brasil

Projeto Gráfico

Carlos Eduardo Peliceli da Silva

Editoração Eletrônica

Jorge Verlindo

SOBRE O ÁGUA BRASIL

O Programa Água Brasil é uma iniciativa do Banco do Brasil, da organização ambientalista WWF-Brasil, da Fundação Banco do Brasil e da Agência Nacional de Águas a favor da conservação dos recursos hídricos.

Por meio de boas práticas de recuperação e conservação ambiental, gestão integrada de resíduos sólidos e ações de inclusão e promoção social, o Programa Água Brasil desenvolve projetos modelo que poderão ser replicados em todo o País no futuro.

Com quatro eixos de atuação - Projetos Socioambientais, Comunicação e Engajamento, Mitigação de Riscos e Negócios Sustentáveis -, o Programa Água Brasil está presente nas cinco regiões do País, com projetos em sete bacias hidrográficas e cinco cidades brasileiras. O Programa desenvolve ainda estudos para mitigação de riscos na concessão de crédito junto ao Banco do Brasil e incentivos para o financiamento de negócios sustentáveis.

Para saber mais sobre o Água Brasil, acesse: <http://bbaguabrasil.com.br>



MENSAGEM DOS PARCEIROS

A água é condição essencial para a vida vegetal, animal e humana. As atividades humanas, em especial, são altamente dependentes deste recurso fundamental à sobrevivência: beber, cozinhar, lavar, produzir alimentos, papel, roupas, dentre muitas outras ações e produtos exigem água.

É claro, portanto, que o consumo humano de água gera impactos profundos nos sistemas de água doce disponíveis no mundo. Por essa razão, a escassez de água e a poluição, por exemplo, são questões que podem ser compreendidas levando em conta a produção e a cadeia de suprimentos como um todo. São essas respostas que o cálculo da Pegada Hídrica, um indicador que analisa o uso da água de forma direta e indireta, tanto do consumidor quanto do produtor, pode nos dar.

O método permite que as iniciativas públicas e privadas, assim como a população em geral, entendam o quanto de água é necessário para a fabricação de produtos ao longo de toda a cadeia produtiva. Desta forma, os segmentos da sociedade podem quantificar a sua contribuição para os conflitos de uso da água e a degradação ambiental nas bacias hidrográficas em todo o mundo.

Esta publicação, resultado de um estudo nacional, busca contribuir para o entendimento da Pegada Hídrica das atividades econômicas mais relevantes nas bacias de atuação do Programa Água Brasil: rio Lençóis (SP), córrego Cancã e ribeirão Moinho (SP), rio Longá (PI), rio Peruaçu (MG), córrego Guariroba (MS), ribeirão Pipiripau (DF) e Igarapé Santa Rosa (AC).

Os resultados do estudo servirão para apoiar a população e os poderes público e privado nas localidades na revisão do uso deste recurso em suas atividades e no planejamento futuro - um cálculo que se faz urgente e necessário quando atravessamos a maior crise hídrica da história do Estado de São Paulo. Além disso, esperamos que os indicativos de onde se encontram a insustentabilidade do consumo da água nas bacias possam ser

reconhecidos, para que os pontos críticos sejam identificados e medidas mitigadoras possam ser apontadas, tanto para reduzir os impactos negativos quanto para aumentar a resiliência do sistema hídrico.

Esperamos, como parceiros no Programa Água Brasil, que este estudo possa apontar caminhos para o uso mais responsável dos recursos hídricos e para gestões mais eficientes, sustentáveis e participativas do uso da água nessas regiões por seus diversos atores (indivíduos, comunidades, instituições de pesquisa, poder público, comitês, consórcios, agências de bacias, dentre outros) e sirva de modelo para que a iniciativa possa ser replicada em outras bacias.

Esta publicação é uma das entregas do Programa Água Brasil alinhada ao objetivo de contribuir para a disseminação de melhores práticas no campo e nas cidades pela conservação dos recursos hídricos em nosso País.

Rodrigo Nogueira
Gerente Geral da Unidade Desenvolvimento Sustentável do Banco do Brasil

Maria Cecília Wey de Brito
Secretária Geral do WWF-Brasil

Ricardo Medeiros de Andrade
Superintendente de Implementação de Programas e Projetos da Agência Nacional de Águas

José Caetano de Andrade Minchillo
Presidente da Fundação Banco do Brasil

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO, CONTEXTO E METODOLOGIA	8
<i>1.1 PEGADA HÍDRICA PARA GESTÃO DE RECURSOS HÍDRICOS</i>	<i>10</i>
<i>1.2 METODOLOGIA</i>	<i>12</i>
2 PRINCIPAIS RESULTADOS E RECOMENDAÇÕES	22
<i>2.1 CÓRREGO CANCÃ</i>	<i>22</i>
<i>2.2 RIBEIRÃO MOINHO</i>	<i>26</i>
<i>2.3 CÓRREGO GUARIROBA</i>	<i>30</i>
<i>2.4 RIBEIRÃO PIPIRIPAU</i>	<i>34</i>

2.5 RIO PERUAÇU	38
2.6 RIO LENÇÓIS	42
2.7 IGARAPÉ SANTA ROSA	48
2.8 RIO LONGÁ	52
3 INTERVENÇÕES NAS BACIAS E SUA CORRELAÇÃO COM AS RECOMENDAÇÕES DE MITIGAÇÃO DA PEGADA HÍDRICA	60
4 CONSIDERAÇÕES FINAIS	66

1 INTRODUÇÃO, CONTEXTO E METODOLOGIA

O Programa Água Brasil está organizado em torno de quatro grandes eixos: Projetos Socioambientais (Meio Rural e Meio Urbano), Comunicação & Engajamento, Mitigação de Riscos e Negócios Sustentáveis. Dentro do eixo de Projetos Socioambientais no Meio Rural, todas as ações são coordenadas com foco na agricultura sustentável e na conservação da água, principalmente através de melhorias na quantidade e qualidade da água em bacias hidrográficas brasileiras, e na redução e mitigação da pegada hídrica.

As bacias hidrográficas selecionadas pelo Programa Água Brasil foram consideradas bacias piloto, onde as informações geradas por meio de estudos locais poderão ser utilizadas para direcionar futuros projetos em outras localidades. O presente trabalho compreende, portanto, a análise da pegada hídrica e de sua sustentabilidade em sete bacias hidrográficas geograficamente distribuídas pelo Brasil: Cancã-Moinho/SP, Guariroba/MS, Pípiripau/DF e GO, Peruaçu/MG, Lençóis/SP, Igarapé Santa Rosa/AC e Longá/PI.



1.1 PEGADA HÍDRICA PARA GESTÃO DE RECURSOS HÍDRICOS

A Pegada Hídrica (PH) (do inglês, Water Footprint - WF) é um indicador quantitativo formado pelo somatório de três componentes: PH_{azul} , PH_{verde} e PH_{cinza} . A PH_{verde} refere-se a uma parcela da precipitação retida no solo, a qual é consumida durante o processo de crescimento de plantas e capaz de ser medida por meio de estimativas de evapotranspiração. O valor da PH_{azul} é resultante do uso consuntivo da água de fontes superficiais e subterrâneas, que uma vez captada pode ser incorporada ao produto ou processo e não retorna para a bacia hidrográfica de origem. A parcela PH_{cinza} , por outro lado, é o volume de água necessário para diluição da carga de poluentes das atividades humanas, até se atingir os padrões ambientais vigentes de qualidade da água do corpo receptor.

A pegada hídrica não é uma medida de impacto ambiental, mas sim um indicador de pressão antrópica sobre os recursos hídricos. A avaliação completa passa por quatro fases distintas: i) definição do objetivo e escopo do que se deseja tra-

balhar; (ii) contabilização da pegada hídrica de um processo, produto, produtor/consumidor ou em uma determinada área geográfica; (iii) avaliação da sustentabilidade da pegada hídrica; e (iv) formulação de estratégias de resposta à pegada hídrica (Hoekstra et al., 2011¹).

Essencialmente, a avaliação de sustentabilidade da pegada hídrica visa comparar a pegada hídrica humana com o que o planeta pode suportar. A pegada hídrica total de uma determinada região geográfica não será sustentável caso as demandas de vazões ambientais ou os padrões de qualidade da água em seu estado natural estiverem comprometidos, ou quando a alocação da água dentro de uma bacia for considerada desigual ou ineficiente.

No que se refere a vazões ambientais, o conceito mais aceito

1 Hoekstra, A. Y. et al. Manual de Avaliação da Pegada Hídrica: Estabelecendo o Padrão Global. Tradução para o Português: Solução Supernova. Water Footprint Network, 2011,191p.



Verificando a qualidade da água

vem da Declaração de Brisbane, Austrália (2007). Nesse documento, considera-se que o regime quali-quantitativo de água deva sustentar ecossistemas de rio e estuários, além de comunidades e bem-estar humanos que dependam de tais ecossistemas.

Todas as formas de redução da pegada hídrica contribuem para a gestão eficiente da água. No entanto, dentro de um planejamento estratégico, as ações devem ser primeiramente direcionadas a pontos críticos ou mais vulneráveis (hotspots), onde e quando ocorrem

períodos do ano nos quais as condições ambientais mínimas não são satisfeitas em termos de atendimento aos padrões de qualidade e quantidade dos recursos hídricos.

Desta forma, o principal ganho que se espera advir destas análises é o indicativo de onde se encontra a insustentabilidade do consumo da água na bacia, evidenciando os pontos críticos e apontando medidas mitigadoras, tanto para reduzir os impactos negativos quanto para aumentar a resiliência do sistema hídrico.

1.2 METODOLOGIA

1.2.1 CÁLCULO DA PEGADA HÍDRICA

O cálculo da pegada hídrica total de uma bacia é feito por meio do somatório de todas as estimativas dos componentes azul, verde e cinza dos principais setores usuários de água nas bacias, conforme a vo-

cação de cada região. Os setores usuários avaliados neste estudo foram: pecuária, agricultura, reflorestamento, abastecimento e saneamento (Tabela 1).



© WWF-Brasil / Eduardo Aigner

Rio Peruaçu, Januária (MG)



Cachoeira do Mato Grande PARNA Grande Sertão Veredas (MG)

Tabela 1. Fórmulas para cálculo da pegada hídrica por setores usuários ao nível de bacia hidrográfica,

SETORES USUÁRIOS	PECUÁRIA	AGRICULTURA
Componentes da Pegada Hídrica	$PH_{verde} = \frac{DHC_{verde}}{Y}$	$PH_{verde} = \frac{DHC_{verde}}{Y}$
	$PH_{azul} = \frac{CA_{azul}}{Y}$	$PH_{azul} = \frac{CA_{azul}}{Y}$
	$PH_{cinza} = \left(\frac{L}{C_{max} - C_{nat}} \right) \frac{1}{Y}$	$PH_{cinza} = \left(\frac{L}{C_{max} - C_{nat}} \right) \frac{1}{Y}$
Pegada Hídrica Total	$\Sigma(PH_{verde}, PH_{azul}, PH_{cinza})$	$\Sigma(PH_{verde}, PH_{azul}, PH_{cinza})$
Análise de Sustentabilidade	$EA_{verde} = \frac{\Sigma PH_{verde}(x,t)}{DA_{verde}(x,t)}$	$EA_{verde} = \frac{\Sigma PH_{verde}(x,t)}{DA_{verde}(x,t)}$
	$EA_{azul} = \frac{\Sigma PH_{azul}(x,t)}{DA_{azul}(x,t)}$	$EA_{azul} = \frac{\Sigma PH_{azul}(x,t)}{DA_{azul}(x,t)}$
	$NPA(x,t) = \frac{\Sigma PH_{cinza}(x,t)}{Q_{atual}(x,t)}$	$NPA(x,t) = \frac{\Sigma PH_{cinza}(x,t)}{Q_{atual}(x,t)}$
Pegada Hídrica da Bacia	$\Sigma PH \text{ setores usuários} = \Sigma (PH_{total} \text{ Pecuária}, PH_{total} \text{ Agricultura},$	

DHC= Demanda hídrica da cultura, Y=Produtividade, CA= Consumo de água, L= Carga de poluição, Cmax= Concentração máxima aceitável na legislação, Cnat= Concentração do poluente em condições naturais

incluindo seus componentes, valor total e análise de sustentabilidade.

	REFLORESTAMENTO	ABASTECIMENTO	SANEAMENTO
	$PH_{\text{verde}} = \frac{DHC_{\text{verde}}}{Y}$	NA	NA
	NA	$PH_{\text{azul}} = \frac{CA_{\text{azul}}}{Y}$	NA
	$PH_{\text{cinza}} = \left(\frac{L}{C_{\text{max}} - C_{\text{nat}}} \right) \frac{1}{Y}$	$PH_{\text{cinza}} = \left(\frac{L}{C_{\text{max}} - C_{\text{nat}}} \right) \frac{1}{Y}$	$PH_{\text{cinza}} = \left(\frac{L}{C_{\text{max}} - C_{\text{nat}}} \right) \frac{1}{Y}$
	$\Sigma(PH_{\text{verde}}, PH_{\text{cinza}})$	$\Sigma(PH_{\text{azul}}, PH_{\text{cinza}})$	PH_{cinza}
	$EA_{\text{verde}} = \frac{\Sigma PH_{\text{verde}}(x,t)}{DA_{\text{verde}}(x,t)}$	NA	NA
	NA	$EA_{\text{azul}} = \frac{\Sigma PH_{\text{azul}}(x,t)}{DA_{\text{azul}}(x,t)}$	NA
	$NPA(x,t) = \frac{\Sigma PH_{\text{cinza}}(x,t)}{Q_{\text{atual}}(x,t)}$	$NPA(x,t) = \frac{\Sigma PH_{\text{cinza}}(x,t)}{Q_{\text{atual}}(x,t)}$	$NPA(x,t) = \frac{\Sigma PH_{\text{cinza}}(x,t)}{Q_{\text{atual}}(x,t)}$

PH_{total} Reflorestamento, PH_{total} Abastecimento, PH_{total} Saneamento)

EA= Escassez de água, DA= Disponibilidade de água, NPA= Nível de poluição da água, Qatual= Vazão atual mensal, NA= Não se aplica.

1.2.1.1 ESTIMATIVA DA PEGADA HÍDRICA NA AGRICULTURA

O setor agrícola apresentou os três componentes da pegada hídrica, pois as culturas agrícolas interceptam água da chuva e a absorvem por suas raízes (PH_{verde}), demandam água para irrigação (PH_{azul}) e os corpos d'água da bacia são contaminados com o transporte de fertilizantes e defensivos agrícolas (PH_{cinza}).

A estimativa da PH_{verde} da atividade agrícola foi obtida por meio do cálculo da demanda hídrica das culturas (DHC), o qual relaciona a evapotranspiração de referência e o coeficiente de cultura. A PH_{azul} foi calculada através da divisão do volume total de água consumido na irrigação pela produtividade da atividade em questão. A PH_{cinza} foi estimada através do aporte de sedimentos via lixiviação dos nutrientes contidos nos fertilizantes.

1.2.1.2 ESTIMATIVA DA PEGADA HÍDRICA NA PECUÁRIA

A pegada hídrica do setor pecuário foi estimada basicamente com relação à criação de bovinos, tanto para produção de carne quanto de leite. Em alguns casos, contabilizou-se a criação de suínos, ovinos e caprinos. No presente estudo, a pecuária é o setor mais significativo quanto à demanda hídrica, levando em conta o uso direto para dessedentação animal (PH_{azul}) e, indireto, para alimentação por pastoreio e ração específica (PH_{verde}). A PH_{cinza} não foi contabilizada no cálculo da pegada hídrica total, pois todas as pastagens das bacias foram consideradas degradadas, ou seja, não recebem adubação nem manejo otimizado.

1.2.1.3 ESTIMATIVA DA PEGADA HÍDRICA NO REFLORESTAMENTO

O setor reflorestamento considerado no estudo consiste em povoamentos florestais de eucaliptos para fins comerciais. Esta atividade resultou em PH_{verde} e PH_{cinza} calculadas com base na mesma metodologia aplicada para a agricultura. A PH_{azul} não foi contabilizada, pois a irrigação acontece apenas na fase inicial do desenvolvimento da planta, ao contrário da cultura agrícola que depende da irrigação em todos os estágios de desenvolvimento.

1.2.1.4 ESTIMATIVA DA PEGADA HÍDRICA NO ABASTECIMENTO

A pegada hídrica do setor de abastecimento foi subdividida entre os meios urbano e rural, devido aos distintos valores de demanda hídrica. Estes valores foram explicados com base no número de habitantes, demanda média de água por habitante e prováveis perdas na rede de distribuição do município. O fornecimento de água que envolve as etapas de captação, tratamento, reserva e distribuição é realizado para suprir as demandas de consumo direto pelos habitantes das bacias, portanto, foi considerado para o setor de abastecimento apenas o componente azul.

1.2.1.5 ESTIMATIVA DA PEGADA HÍDRICA NO SANEAMENTO

A pegada hídrica do setor de saneamento envolveu apenas o componente cinza, pois se refere somente à coleta e ao tratamento de esgoto doméstico dos municípios presentes nas bacias hidrográficas. O cálculo da PH_{cinza} utilizou o mesmo valor de concentração do poluente em condições naturais (Cnat) para todas as bacias, uma vez que esta variável não foi medida em campo.



Nascente do rio Cabaçal (MT)



© WWF-Brasil/Adriano Gambarini

1.2.2 ANÁLISE DE SUSTENTABILIDADE DA PEGADA HÍDRICA

A sustentabilidade da pegada hídrica dentro de uma bacia hidrográfica pode ser analisada sob três perspectivas: ambiental, social e econômica. A sustentabilidade ambiental exige que a qualidade da água permaneça dentro de padrões pré-definidos e que a quantidade respeite a vazão ambiental mínima. A sustentabilidade social demanda uma quantidade mínima de água doce direcionada às necessidades básicas do homem. Do ponto de vista da sustentabilidade econômica, a água precisa ser distribuída e utilizada de forma eficiente, em que os benefícios do uso para determinado fim superem os custos associados.

A avaliação da sustentabilidade da PH_{verde} e PH_{azul} foi realizada por meio dos indicadores de escassez de água (EA). Estes foram obtidos a partir da razão entre a pegada e a disponibilidade de água ao longo do ano. Para a avaliação da sustenta-

bilidade da PH_{cinza} , o indicador local empregado foi o nível de poluição da água (NPA). Os limites que classificaram a situação como sustentável, aceitável ou insustentável foram calibrados de acordo com a complexidade e características locais de cada bacia. Com base no fato de que parâmetros únicos não podem ser generalizados e na falta de dados completos para todas as bacias, a escolha dos valores, que definiram os limites de sustentabilidade apresentados na forma de gráficos, foi definida caso a caso. A PH_{verde} e PH_{azul} são classificadas como insustentáveis (hotspot) quando a demanda excede completamente a disponibilidade hídrica mensal. Já a PH_{cinza} é tida como insustentável quando a capacidade de assimilação de poluentes já foi totalmente utilizada, resultando em nível de poluição que excede os padrões de qualidade da água.



Ribeirão Maria Velha, Bacia do Pipiripau, Planaltina (DF)

2 PRINCIPAIS RESULTADOS E RECOMENDAÇÕES

2.1 CÓRREGO CANCÃ

A bacia hidrográfica do córrego Cancã está localizada nos municípios de Joanópolis-SP e Camanducaia-MG. Forma a bacia hidrográfica do rio Piracicaba, uma das principais do estado de São Paulo, principalmente no que se refere a abastecimento público. Ocupa uma área total de 106,71 km², com predominância de pastagens (58,1%). Outros importantes usos, tais como reflorestamento para fins comerciais e vegetação primária ou secundária, ocupam 22,1 e 11,9%, respectivamente.

A PH_{verde} foi resultante, principalmente, da atividade pecuária e correspondeu a 81% da PH_{total} da bacia. Quanto à PH_{azul} , o abastecimento público apresentou a maior participação dentre os setores usuários, seguido da pecuária, com destaque para produção de carne. A alta PH_{azul} relativa ao abastecimento urbano deve-se ao fato de o volume captado ser muito superior ao volume a ser consumido pela pequena

população de Joanópolis, com apenas 7.300 habitantes. Por último, o setor que mais influenciou na PH_{cinza} foi o saneamento (68,3%), seguido da agricultura (31,3%) (Figura 1).

A bacia não apresentou insustentabilidade da PH_{verde} , ficando classificada como aceitável (em oito meses do ano), ou seja, não houve nenhum mês em que a demanda fosse completamente superior à oferta hídrica. Situação similar foi encontrada para a PH_{azul} , cujo valor obtido demonstra grande disponibilidade de água em relação à demanda hídrica das atividades econômicas desenvolvidas na bacia. Quanto à sustentabilidade da PH_{cinza} , a bacia do Cancã apresentou valores muito inferiores ao limite permitido de poluição, sendo levemente agravados no período de seca da região, quando a quantidade de água para a diluição dos poluentes é reduzida (Figura 2).



Paisagem Rural, Bacia do Cancã, Joanópolis (SP)

Apesar de não ter sido observado nenhum sinal de insustentabilidade da pegada hídrica entre os diferentes setores usuários da bacia, recomenda-se algumas atitudes para a manutenção da quantidade e qualidade da água. Com o intuito de reduzir a PH_{verde} , recomenda-se a utilização eficiente das áreas úteis da bacia, pois terras abandonadas ou usadas inadequadamente continuam consumindo água. Outro aspecto sugerido é a restauração florestal, principalmente de áreas próximas a cursos d'água.

Esta bacia apresentou baixa interferência de culturas agrícolas, no entanto, sugere-se que sejam adotadas ações que visam à conservação do solo e da água (práticas conservacionistas). Outro ponto importante é aumentar a eficiência na captação de água e evitar eventuais perdas no sistema de distribuição para o município de Joanópolis-SP. Além disso, recomenda-se incentivar a redução do consumo per capita e promover a utilização de tecnologias que permitam a reutilização da água.

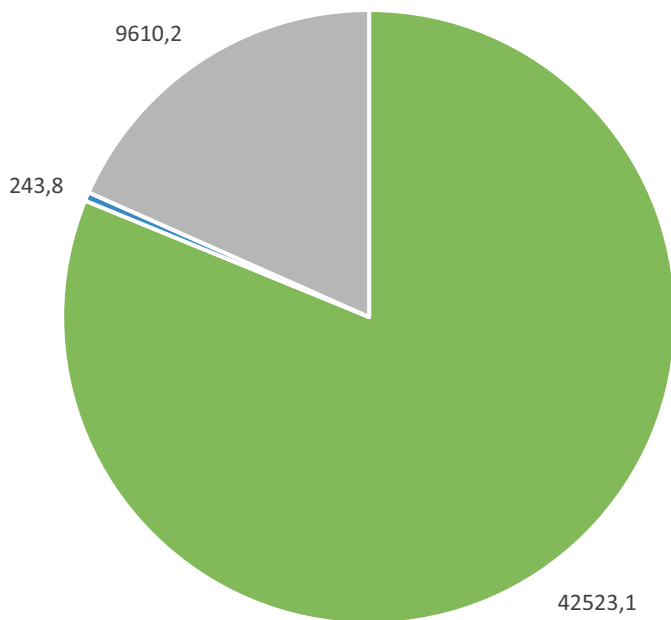


Figura 1. Pegada hídrica ($\text{m}^3 \cdot \text{produtividade}^{-1}$) na bacia do córrego Cancã.

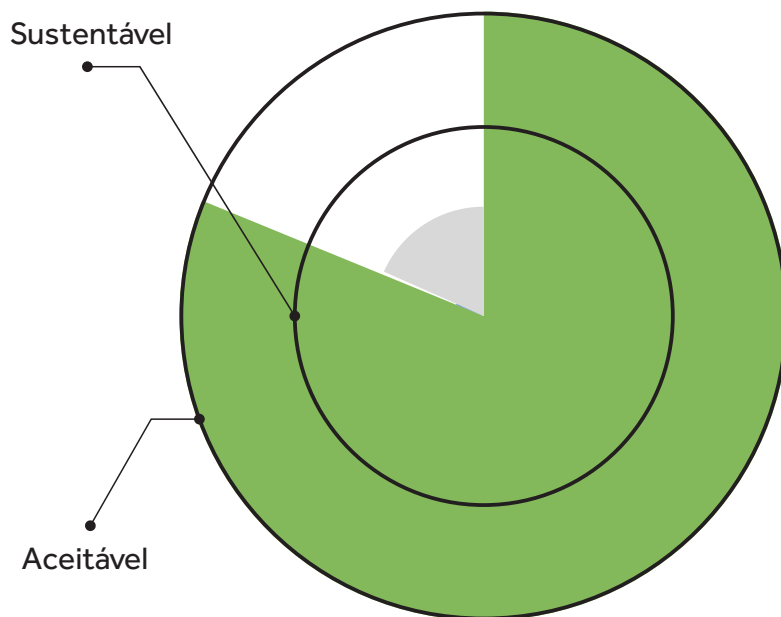


Figura 2. Análise de sustentabilidade da pegada hídrica na bacia do córrego Cancã.

2.2 RIBEIRÃO MOINHO

Assim como a bacia do córrego Cancã, a bacia do ribeirão Moinho também é formadora da bacia hidrográfica do rio Piracicaba. Está localizada no município de Nazaré Paulista-SP e possui uma área de 22km². Os usos predominantes da terra são pastagem (46,3%), reflorestamento para fins comerciais (23,4%) e vegetação secundária em estágio inicial ou intermediário (17,6%).

A maior participação da PH_{total} dentro da extensão territorial da bacia foi atribuída ao componente verde, contabilizando quase 84%. O resultado obtido para a PH_{verde} mostrou que a pecuária é o setor com maior representatividade. No segmento econômico de criação de bovinos, a PH_{verde} resultante da produção de carne foi quase seis vezes maior que da produção de leite. A agricultura é a atividade da bacia que apresentou maior PH_{azul} . O abastecimento público não foi contabilizado dentro da PH_{azul} devido à inexistência de um sistema de captação na própria bacia. Apesar da predominância do setor de re-

florestamento, com destaque à silvicultura de eucalipto, as atividades de saneamento e agrícolas tiveram maior peso na PH_{cinza} (Figura 3).

A bacia hidrográfica do ribeirão Moinho também se mostrou sustentável quanto à disponibilidade hídrica, apresentando larga diferença entre a quantidade demandada e disponível, mantendo a situação sustentável da PH_{verde} . A disponibilidade de água foi muito superior à PH_{azul} , portanto, não incorrem problemas de suprimento de água, tampouco risco de escassez. A PH_{cinza} avaliada nesta bacia provém da poluição difusa decorrente da adubação das culturas agrícolas e florestais, somado às fontes pontuais derivadas da geração e lançamento de efluentes domésticos. No entanto, foi diagnosticado que a vazão atual, após a diluição da poluição, garante a sustentabilidade do componente cinza (Figura 4).

Esta bacia não se enquadrrou como um possível hotspot quanto à



Ribeirão Taquara, Bacia do Pipiripau, Planaltina (DF)

PH_{verde} , PH_{azul} e PH_{cinza} , porém, por se tratar de uma região de grande importância econômica e produtora de água, sugerem-se melhorias de forma a minimizar a PH_{verde} , responsável pela maior parte da pegada hídrica da bacia. Promover maior eficiência do uso da terra, com o incentivo ao plantio comer-

cial de eucalipto, dada a sua elevada produtividade na região e, praticar a restauração florestal com espécies nativas, principalmente nas margens dos corpos hídricos, são ações indicadas para a recuperação de serviços ambientais e redução da PH_{verde} .

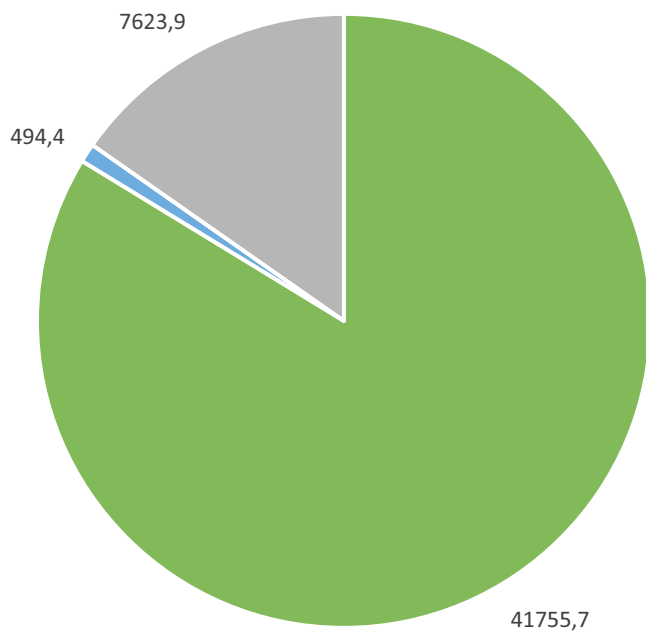


Figura 3. Pegada hídrica (m³.produtividade⁻¹) na bacia do ribeirão Moinho.

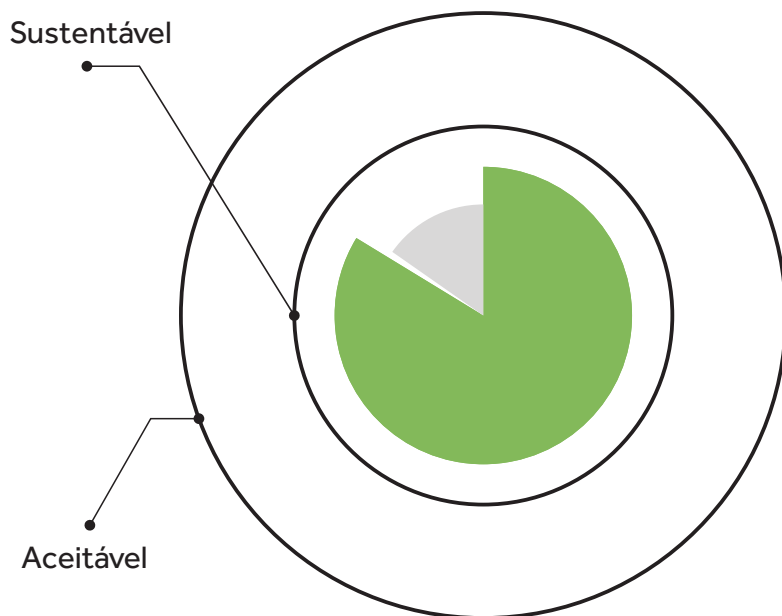


Figura 4. Análise de sustentabilidade da pegada hídrica na bacia do ribeirão Moinho.

2.3 CÓRREGO GUARIROBA

O córrego Guariroba está localizado no município de Campo Grande-MS e possui uma área de 363,1km². Segundo o Plano de Manejo da APA Guariroba, trata-se de uma importante bacia do estado do Mato Grosso do Sul, pois é responsável por aproximadamente 50% do abastecimento de água da capital sul-matogrossense. O uso predominante da terra corresponde às pastagens, para fins de criação de gado (82,8%), sendo o restante composto por frações de vegetação nativa do bioma Cerrado, dentre matas de galeria, veredas e buritizais.

A PH_{verde} foi predominantemente advinda do setor pecuário para a produção de carne (98%). O restante foi atribuído ao setor de reflorestamento, baseado na silvicultura de eucalipto. A PH_{azul} foi quase que equitativamente distribuída entre pecuária e abastecimento. O setor que mais contribuiu para PH_{cinza} foi o de saneamento, uma vez que a pecuária, principal atividade econômica da bacia, não foi considerada no cálculo desse componente (Figura 5).

Não houve sinal de insustentabilidade da PH_{verde} , sem problemas relativos à disponibilidade e escassez de água, uma vez que os valores encontrados para estes indicadores ficaram distantes do limite aceitável. No caso da PH_{azul} , apesar de dados insuficientes ou inexistentes sobre o monitoramento, a bacia do Guariroba foi considerada capaz de suprir as atuais demandas hídricas. Foi observado efeito reduzido da PH_{cinza} , pois as atividades pecuaristas que predominam na região não empregam adubação das pastagens com nitrogênio e fósforo (Figura 6).

Os resultados mostraram que o Guariroba está em condições sustentáveis quanto à PH_{azul} , PH_{verde} e PH_{cinza} , sem grandes impactos. No entanto, para garantir a permanência ou melhorias no estado atual, algumas recomendações gerais aos proprietários de terra e poder público são relevantes. A PH_{verde} , por exemplo, representou 86% da PH_{total} da bacia, alertando para o fato de que medidas que visam à redução deste componente podem ser adotadas.



Córrego Guariroba, Campo Grande (MS)

Como se trata de uma bacia dominada pela pecuária, deve-se procurar aumentar a taxa de lotação e a produtividade na criação de animais para corte, por meio do manejo adequado das pastagens. Além disso, o reflorestamento com o uso de espécies nativas da região, em respeito ao cumpri-

mento do Código Florestal (APP e Reserva Legal), ajudam a melhorar a sustentabilidade hídrica da bacia por inteiro. Na tentativa de mitigar a pressão da PH_{cinza} , deve-se priorizar melhorias no sistema de saneamento básico, de forma a minimizar a possível contaminação do lençol freático e do solo.

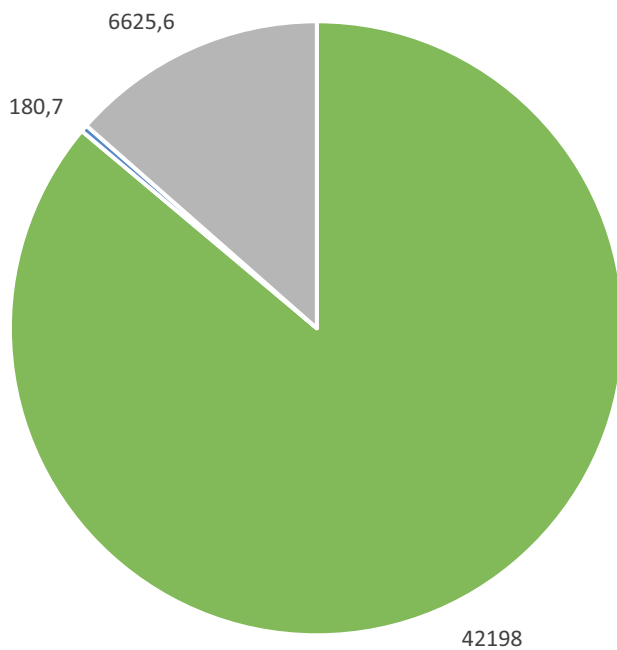


Figura 5. Pegada hídrica (m³.produtividade⁻¹) na bacia do córrego Guariroba.

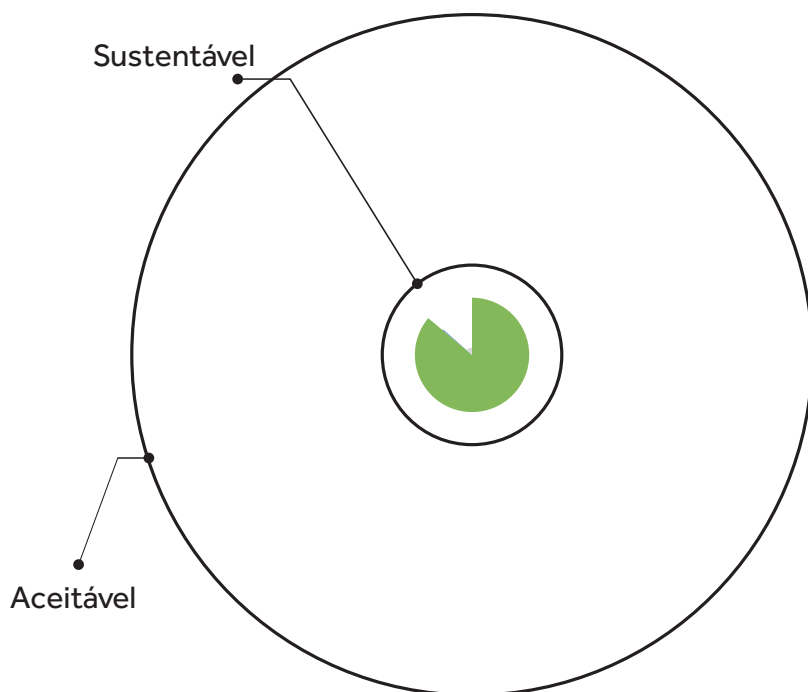


Figura 6. Análise de sustentabilidade da pegada hídrica na bacia do córrego Guariroba.

2.4 RIBEIRÃO PIPIRIPAU

A bacia hidrográfica do ribeirão Pipiripau ocupa uma área de 235,3 km², localizada na região nordeste do Distrito Federal, na divisa com o município de Formosa-GO. Entre as principais atividades realizadas na bacia, destacam-se a produção de frutas, grãos, carne e a captação de água para abastecimento humano. Os usos predominantes da terra são agricultura extensiva (40,2%) e o cultivo de pastagens para a criação de gado (21,5%). A bacia apresenta menos de 20% da vegetação original de cerrado, campos e matas de galeria.

A bacia do Pipiripau contribui para o abastecimento de água no Distrito Federal, com um reservatório capaz de suprir as demandas das cidades satélite de Sobradinho e Planaltina. A bacia foi enquadrada como Classe 1, conforme a Resolução Conama 357, o que significa ser ideal para consumo humano e animal.

O setor pecuário, para as finalidades de corte e produção de leite, foi o que mais contribuiu para a PH_{verde} , sendo responsável por 94% deste componente. Em relação à PH_{azul} , a agricultura foi o setor mais representativo, isto porque a bacia está localizada em uma região de estação seca pronunciada e com chuvas sazonais, demandando grande volume de água para irrigação. Nos períodos de seca, as demandas dos setores usuários (abastecimento, agricultura e pecuária) tendem a crescer, podendo agravar a situação na bacia e gerar conflitos. A PH_{cinza} foi significativa (21,4% da PH_{total}), sendo que o setor de saneamento foi o que mais contribuiu para este componente, somado à forte influência das práticas agrícolas com intenso uso de fertilizantes dentro dos limites da bacia (Figura 7).

A bacia do Pipiripau mostrou-se sustentável quanto à PH_{verde} , porém, nos meses do início e final do ano, os valores observados para a demanda ficaram próximos da oferta de água, ou seja, o risco de perda da sustentabilidade aumenta consideravelmente. Em relação

à PH_{azul} , os resultados mostraram situação sustentável. No entanto, é importante frisar que o estudo apontou que a vazão ambiental mínima necessária para manter os processos ecológicos foi superada em todos os meses do ano pela PH_{azul} acumulada. Ou seja, revela situação atual de forte pressão causada principalmente pela demanda de água para irrigação que, caso mantida, poderá levar à insustentabilidade desse componente da pegada hídrica (Figura 8).

Os elevados índices de poluição obtidos indicam situação de insustentabilidade da PH_{cinza} em todos os meses do ano. Grande parte desta poluição difusa vem da agricultura, através do transporte de fósforo até os corpos d'água. A justificativa para a elevada polui-

ção atribuída aos níveis de fósforo encontra-se na legislação, uma vez que é permitida baixa concentração desse elemento na água.

De forma a reverter o estado de insustentabilidade do componente cinza e evitar que o azul extrapole os limites e se torne insustentável (a PH_{verde} foi elevada, mas sustentável), recomenda-se: adequação das culturas agrícolas de acordo com o solo e o clima, diminuindo o consumo hídrico por irrigação; aumento da eficiência da irrigação; restauração e reflorestamento de matas ciliares; adoção de boas práticas para as pastagens e lavouras de forma a conservar o solo e a água, impedindo a lixiviação de nutrientes e poluentes para os cursos d'água.

Atualmente, estão em vigor no Pipiripau ações de conservação financiadas por meio do mecanismo de Pagamento por Serviços Ambientais (PSA). Intitulado Programa Produtor de Água e originalmente desenvolvido pela Agência Nacional de Águas (ANA), a iniciativa visa remunerar produtores rurais que desempenham ações de conservação do solo, proteção de fragmentos florestais e reflorestamento. O programa vem sendo desenvolvido também nas bacias do Cancã, Moinho e Guariroba.

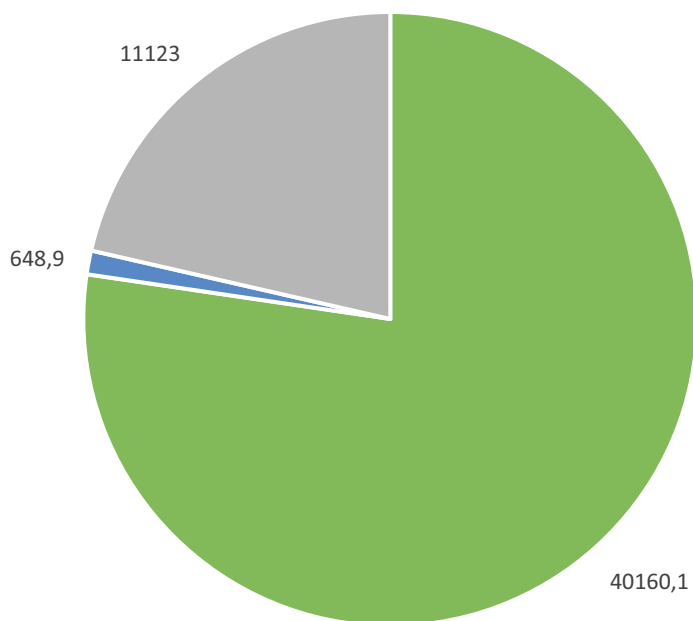


Figura 7. Pegada hídrica ($\text{m}^3 \cdot \text{produtividade}^{-1}$) na bacia do ribeirão Pipiripau.

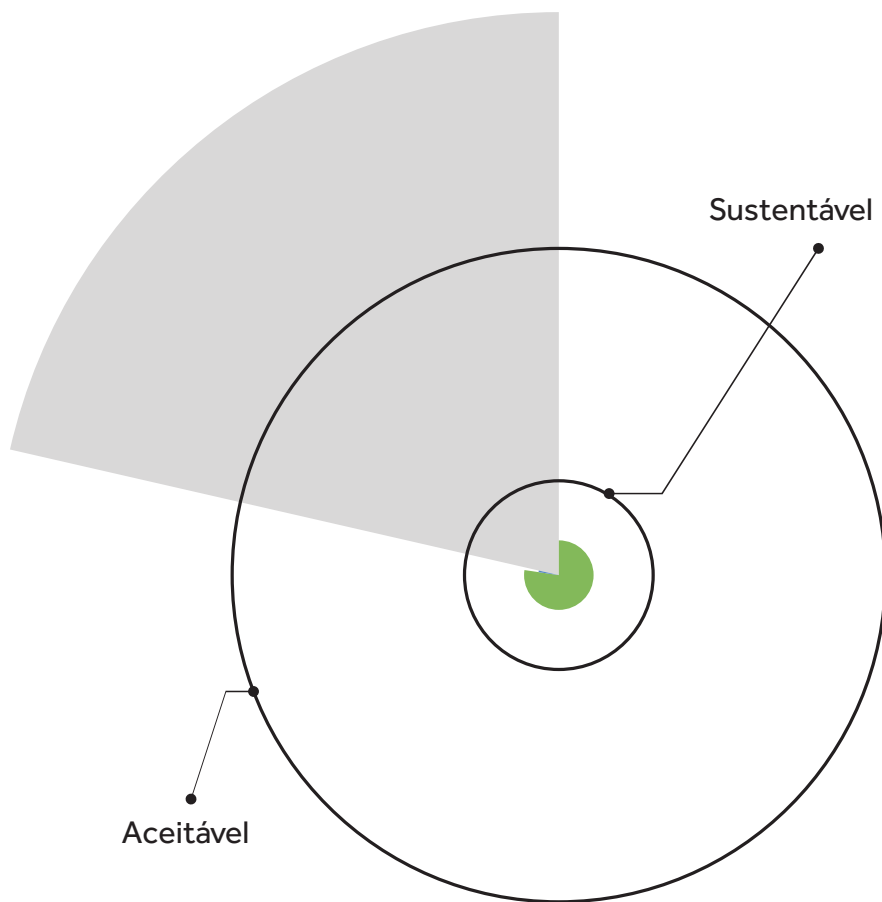


Figura 8. Análise de sustentabilidade da pegada hídrica na bacia do ribeirão Pipiripau.

2.5 RIO PERUAÇU

A bacia hidrográfica do rio Peruaçu ocupa uma área de 1.409 km², distribuída nos municípios mineiros de Bonito de Minas (14,3%), Cônego Marinho (35,3%), Itacarambi (17,6%), Januária (31,4%), Miravânia (0,2%) e São João das Missões (1,1%). A bacia está inserida no Mosaico Sertão Veredas Peruaçu (MSVP), cujo objetivo é compatibilizar o desenvolvimento de comunidades locais e a utilização sustentável dos recursos naturais.

A maior parte da bacia é ocupada por áreas de vegetação natural do Cerrado, representada por diversas fisionomias (cerrado denso, ralo, típico, matas de galeria e parques de cerrado). Entre as atividades antrópicas destacam-se os trechos com pastagem (10,3%), o manejo florestal (0,9%), o cultivo de eucalipto (0,3%) e pequenas áreas agrícolas (inferiores a 0,1%).

O setor usuário com maior contribuição à PH_{verde} da bacia foi a pecuária, baseada na criação de gado de corte. Devido ao fato de

as áreas de agricultura e reflorestamento serem pequenas, estes setores pouco influenciaram no cômputo final do componente verde. A PH_{azul} correspondeu a menos de 1% da PH_{total} da bacia, sendo 60% atribuídos ao setor agrícola. O saneamento apresentou a maior demanda para diluição da poluição (PH_{cinza}). Na bacia do rio Peruaçu, enquadrada como classe 1 pelo fato de abrigar unidades de conservação, os valores da PH_{cinza} foram altos porque o valor máximo permitido para lançamento de cargas poluidoras do esgoto doméstico e das atividades agrícolas e florestais no corpo receptor é baixo, conforme a legislação vigente (Figura 9).

Segundo a análise do indicador de escassez de água, a bacia do rio Peruaçu está sustentável para a PH_{verde} . O indicador médio de escassez não ultrapassa 20% do volume disponível e o pico é alcançado no mês de dezembro (80%). Quanto à análise da sustentabilidade da PH_{azul} , a situação é sustentável, porém como a análise realizada foi



Rio Peruaçu, Januária (MG)

anual, pode vir a camuflar eventuais hotspots em alguns meses do ano. O volume demandado para diluir a poluição oriunda dos setores agrícola e de saneamento, representa apenas 17% do total de água disponível, portanto, a bacia está dentro dos limites de sustentabilidade (Figura 10).

Apesar de não ter sido observada insustentabilidade da PH_{verde} , sugere-

re-se que melhorias no manejo das pastagens sejam adotadas, principalmente no aumento da capacidade de suporte e produtividade dessas áreas, reduzindo assim a PH_{verde} . Uma vez que os efluentes domésticos contribuem significativamente para a PH_{cinza} da bacia, recomenda-se a instalação de estações de tratamento de esgoto eficientes, de forma a conservar os recursos hídricos em uma localidade que abriga unidades de conservação.

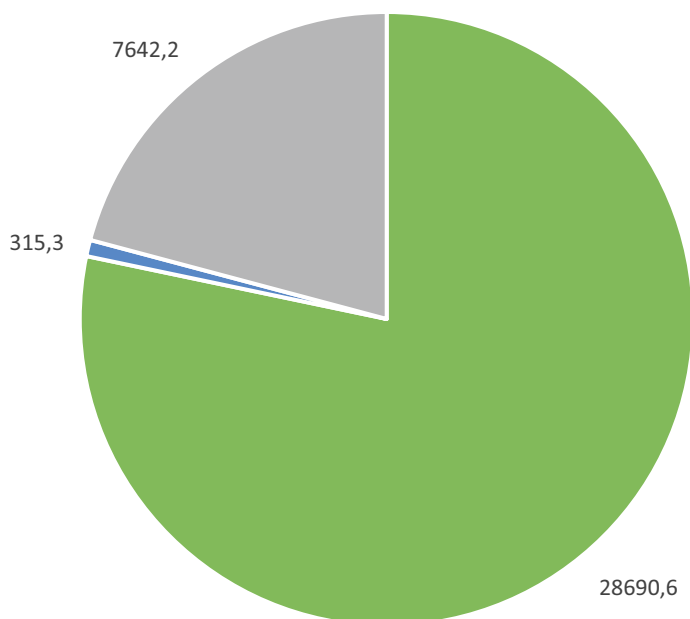


Figura 9. Pegada hídrica ($\text{m}^3 \cdot \text{produtividade}^{-1}$) na bacia do rio Peruaçu.

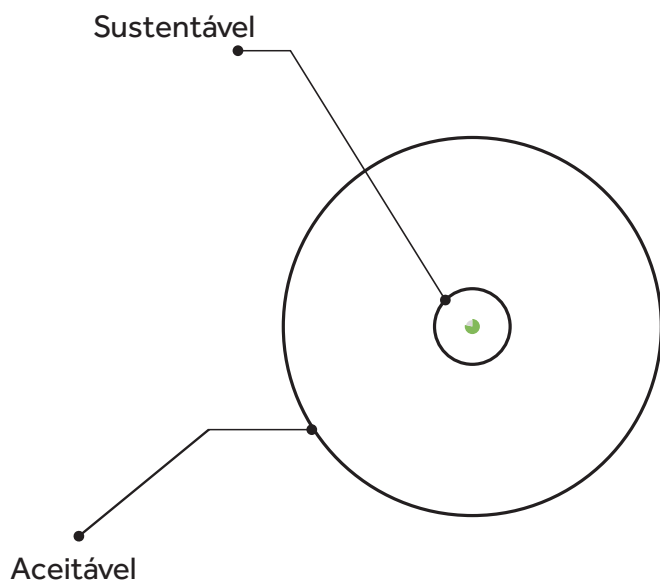


Figura 10. Análise de sustentabilidade da pegada hídrica na bacia do rio Peruaçu.

2.6 RIO LENÇÓIS

A bacia hidrográfica do rio Lençóis possui 942,5 km², contemplando os municípios paulistas de Agudos (6%), Areiópolis (9%), Borebi (8,5%), Igarçu do Tietê (1,6%) Lençóis Paulista (51,8%), Macatuba (3,4%) e São Manuel (19,6%). O rio Lençóis é afluente direto do Tietê, e as águas desses dois rios se encontram no município de Igarçu do Tietê. As nascentes do rio Lençóis encontram-se no município de Agudos. Observa-se a predominância do cultivo de cana-de-açúcar em aproximadamente 64,7% da área total. Pastagens e reflorestamento são outros importantes usos do solo, porém ambos ocupam individualmente menos de 10% da área total da bacia.

A PH_{verde} foi maior para as pastagens que produzem carne e leite, seguida da agricultura e, por fim, do reflorestamento. Em relação à PH_{azul} , o setor agrícola foi o que mais contribuiu para este componente, devido à irrigação praticada, inclusive em áreas de plantio de cana. Nesta bacia predominantemente agrícola e com elevada concentração populacional, os valores específicos de demanda de água para diluição foram bem elevados, sendo o saneamento o setor com maior peso para a PH_{cinza} (Figura 11).



Rio Lençóis, Lençóis Paulista (SP)

BOAS PRÁTICAS

Um aspecto interessante abordado pelo estudo na bacia do rio Lençóis diz respeito à avaliação do setor industrial sucroalcooleiro, com base em uma empresa do ramo situada no município de Lençóis Paulista². Para este setor, o componente azul foi o único considerado, revelando que para um consumo de água de $31,1 \text{ m}^3 \cdot \text{ha}^{-1} \cdot \text{ano}^{-1}$, o valor da PH_{azul} foi de, respectivamente, $9,2 \text{ m}^3 \cdot \text{ton}^{-1}$ (açúcar) e $3,8 \text{ m}^3 \cdot \text{m}^{-1}$ (etanol). Embora o presente estudo não tenha computado o componente cinza da PH_{total} , cabe mencionar que o setor sucroalcooleiro vem desempenhando boas práticas nos processos industriais ao investir em circuitos fechados que aumentam os índices de recirculação da água e ao reduzir seu consumo em algumas linhas de produção, progressivamente.

2 Os dados foram obtidos com base nos relatórios de sustentabilidade da empresa.

A partir da análise da sustentabilidade da PH_{verde} , foi possível perceber que a demanda mensal de água se manteve muito próxima à disponibilidade, permitindo inferir que a bacia está se aproximando de seu limite de uso agrícola. A PH_{verde} compromete o uso dos recursos hídricos, pois os meses de fevereiro, março e dezembro foram caracterizados como hotspot, ou seja, o índice de escassez de água superou o limite de sustentabilidade passando para situação intermediária aceitável. Com relação à PH_{azul} , a bacia se mostrou sustentável, uma vez que a relação demanda/disponibilidade é pequena, resultando em valores baixos para os indicadores de sustentabilidade. A análise da sustentabilidade da PH_{cinza} mostrou que a carga de poluição doméstica, somada à lixiviação de nutrientes de áreas agrícolas e florestais, compromete todo o volume de água da bacia, ou seja, gera situação insustentável para este componente da pegada (Figura 12).

As medidas mitigadoras devem priorizar os elementos que compõem principalmente a PH_{verde} e PH_{cinza} . Quanto à PH_{azul} , as recomendações são as mesmas para as demais bacias, com destaque para medidas que objetivem: controlar o volume de água para irriga-

ção (fertirrigação³), mitigando-se também a PH_{cinza} ; reduzir o consumo no abastecimento público; adotar estratégias eficientes para o armazenamento e reutilização de água e; melhorar o sistema de distribuição da água captada.

Observada a situação de aceitabilidade da PH_{verde} , recomenda-se empregar técnicas que visam aumentar a produtividade das culturas praticadas na bacia, além do reflorestamento de áreas de preservação com espécies nativas. No que tange às estratégias de redução da PH_{cinza} , sugere-se a construção de estações de tratamento de esgoto, de forma a não comprometer o volume de água disponível. Além de plantio direto, recomenda-se a utilização de adubação verde, rotação de culturas, e herbicidas e fertilizantes específicos e de baixo impacto.

3 Técnica de adubação que utiliza a irrigação para levar nutrientes ao solo cultivado. No caso das culturas de cana, utiliza-se a vinhaça (fonte de potássio) resultante do processo industrial. Este procedimento além de cumprir exigências e normas ambientais vigentes, deve dispor de canais e tubulações bem dimensionados e manejados para não anular o efeito desejado de reutilização do efluente com vistas à mitigação da pegada cinza.



Marcação de área para plantio de mudas nativas, Bacia do Guariroba, Campo Grande (MS)

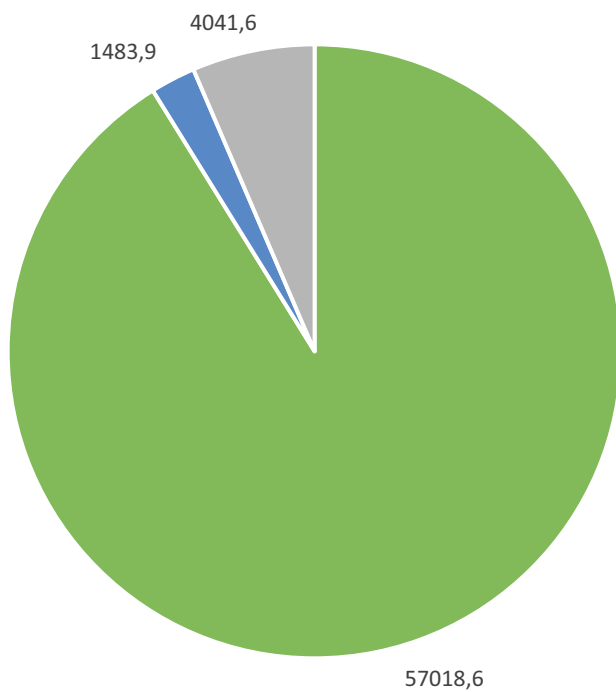


Figura 11. Pegada hídrica ($\text{m}^3 \cdot \text{produtividade}^{-1}$) na bacia do rio Lençóis.

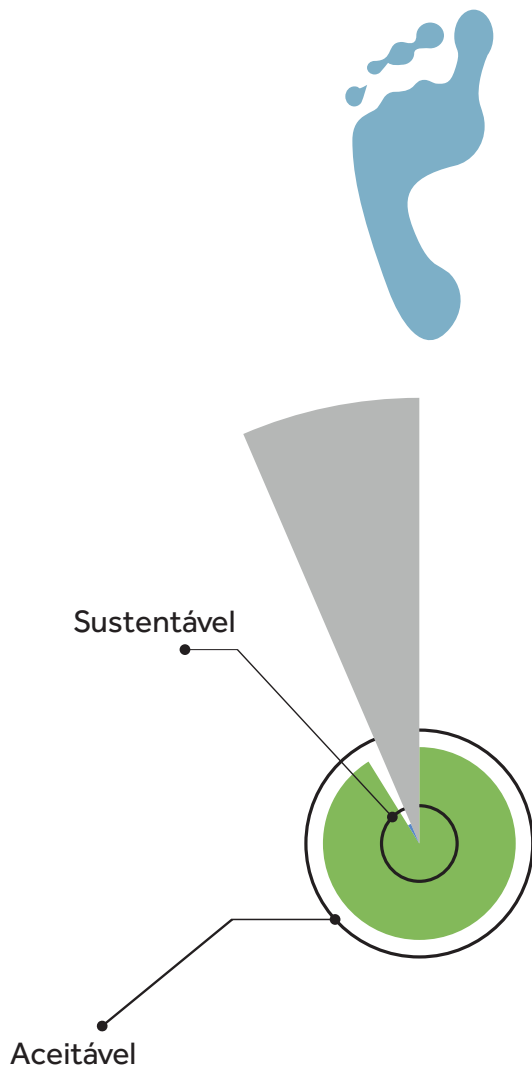


Figura 12. Análise de sustentabilidade da pegada hídrica na bacia do rio Lençóis.

2.7 IGARAPÉ SANTA ROSA

A bacia hidrográfica do igarapé Santa Rosa está localizada no município de Xapuri-AC, chamado "Arco do Desmatamento", região que possui os maiores índices de desmatamento da Amazônia Legal. A partir da interpretação de imagens aéreas, o principal uso da terra é, conseqüentemente, a maior causa de mudança do uso da terra consiste em pastagens para criação de gado, ocupando quase 70% do território. Este setor também representou, majoritariamente, 100% da PH_{verde} da bacia.

Dentro do seu limite de apenas 6 km², a PH_{azul} da bacia do igarapé Santa Rosa foi atribuída aos setores de pecuária e abastecimento. O saneamento foi o único setor que contribuiu para a PH_{cinza} , pois o uso e ocupação da terra na bacia não se destinam à agricultura e ao reflorestamento (Figura 13). A concentração populacional, somada à reduzida área de drenagem, acentua o potencial poluidor. Isto porque o risco de poluição e a escassez hídrica aumentam quando há baixa disponibilidade de água.

A bacia do igarapé Santa Rosa se mostra sustentável quanto à PH_{verde} . Ainda que em alguns meses a escassez hídrica verde tenha sido superior à média anual de 50%, atingindo o pico de 70%, o limite de sustentabilidade não foi ultrapassado. Não foi realizada a análise da sustentabilidade da PH_{azul} e PH_{cinza} para esta bacia, uma vez que o regime hidrológico de um igarapé oscila muito entre cheia e vazante, provocando distorções na estratégia de regionalização de vazões, metodologia que pôde ser utilizada em outras bacias. O monitoramento hidrológico na região do estado do Acre ocorre de maneira dispersa e em bacias muito maiores (na escala de milhares de km²). Isto dificulta a obtenção de uma equação de correlação acurada para as vazões em bacias menores e impossibilitou a realização da estimativa das vazões média e mínima para a bacia do igarapé Santa Rosa.

Apesar de os níveis da PH_{verde} não terem ultrapassado os limites de sustentabilidade, não sendo necessária a adoção urgente de



Nascente do Igarapé Santa Rosa, Xapuri (AC)

medidas mitigadoras, sempre é recomendável implementar medidas conservacionistas do solo e da água, de forma a garantir as vazões hídricas ambientais e a disponibilidade de água para utilização nos demais fins econômicos e sociais da bacia. No caso da PH_{cinza} , a taxa de geração de efluentes domésticos tende a ter um efeito maior

nos corpos receptores pelo fato de se tratar de uma área de drenagem pequena com oscilações na disponibilidade hídrica. Aconselha-se dar atenção especial aos níveis de DBO (Demanda Biológica de Oxigênio) e instalar ou aprimorar as estações de tratamento de esgoto gerado na bacia.

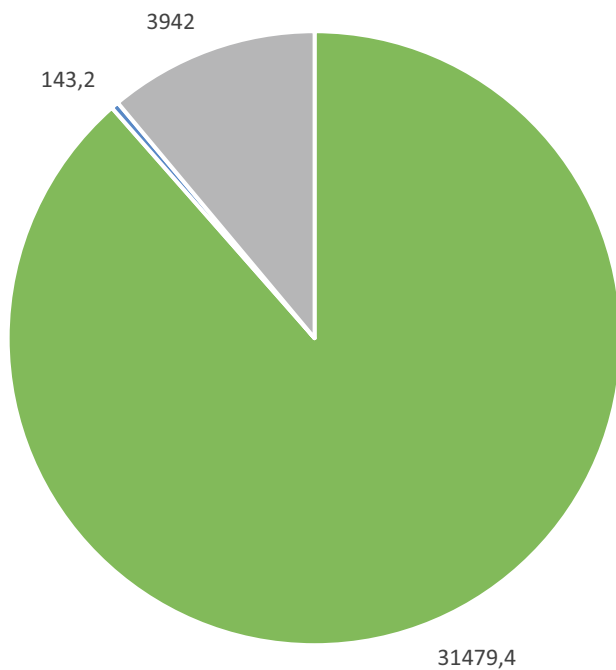


Figura 13. Pegada hídrica ($m^3 \cdot produtividade^{-1}$) na bacia do igarapé Santa Rosa.



Propriedade agrícola, Bacia do Pipiripau, Planaltina (DF)

2.8 RIO LONGÁ

A bacia hidrográfica do rio Longá, afluente do rio Parnaíba, está localizada no estado do Piauí e ocupa ao todo 22.634 km². Neste estudo, foram consideradas as bacias dos rios Correntes (1.378,8 km²) e Matos (2.515,3 km²), formadoras da bacia do rio Longá e foco específico da atuação do Programa Água Brasil.

Entre as atividades antrópicas da bacia do rio Correntes, nota-se a

predominância de áreas agricultadas (24,1%) e pastagens para criação de bovinos, ovinos e caprinos (23,1%). Com relação à bacia do rio Matos, o predomínio também é de pastagem (24,3%) e agricultura (20,1%). Ambas as bacias apresentam significativa fração de vegetação natural, superiores a 35% do território. Um fator interessante é a presença de sistemas agroflorestais, ocupando até 10% das bacias.

2.8.1 RIO CORRENTES

A PH_{verde} da bacia do rio Correntes foi, majoritariamente, atribuída à pecuária, a qual contribuiu com mais de 98% do componente verde. O restante foi atribuído a atividades agrícolas, correspondendo a aproximadamente 65 mil hectares de diversos tipos de culturas, demandantes de irrigação, o que justifica o setor agrícola como o principal contribuinte da PH_{azul} .

A PH_{cinza} , componente de maior participação da PH_{total} (75%), mostrou que a pecuária é o setor que mais demandou água para manter seus atuais níveis de produção. Os elevados níveis de efluentes resultantes da atividade de criação de animais (principalmente suínos), contribuíram para o alto valor da PH_{cinza} , aliado ao fato de a criação ser feita de modo extensiva e gerar baixa produtividade. Os setores

agrícola e de saneamento também contribuíram para o cômputo final desse componente (Figura 14).

A avaliação da sustentabilidade da PH_{verde} do rio Correntes mostrou que o indicador de escassez foi inferior ao limite de sustentabilidade durante todo o ano, porém, a média anual foi ultrapassada de fevereiro a maio, com os respectivos valores extrapolando o limite máximo da situação sustentável. Já na análise da PH_{azul} , não foi identificado insustentabilidade crítica quanto à utilização de recursos hídricos, no entanto, o indicador chama atenção, pois de junho a dezembro a situação alcança o limite aceitável.

Por fim, foi observada situação insustentável da PH_{cinza} com base no indicador NPA, cujo valor extrapolou os limites praticamente durante todo o ano, sendo mais crítico em outubro e novembro. Isto se deve à carga de poluição lançada nos corpos d'água da bacia, resultante de atividades agropecuárias e do lançamento de esgoto doméstico sem tratamento. Além disso, o fato de as vazões serem reduzidas no período de estiagens, agravada entre julho e janeiro, compromete a capacidade de assimilação de poluentes (Figura 15).

É possível que a PH_{verde} , resultante principalmente da criação de animais (bovinos, ovinos, suínos e caprinos), seja reduzida caso as taxas de produtividade na bacia apresentem melhorias. No caso do setor agrícola, recomenda-se o máximo aproveitamento das áreas produtivas, rotação de culturas e adequação das mesmas ao clima regional e restauração ecológica. A mitigação da PH_{azul} passa pelo aumento da eficiência no consumo de água pelos diferentes setores (agricultura, pecuária e abastecimento). De forma a minimizar a pressão da PH_{cinza} , decorrente da poluição difusa via aplicação de fertilizantes na agricultura, descargas referentes à atividade de criação de animais e diluição de cargas orgânicas geradas por efluentes domésticos de origem urbana e rural, algumas medidas podem ser recomendadas. Dentre elas, pode-se destacar a correta aplicação dos insumos agrícolas, melhor controle dos dejetos animais (exemplo: transformação em bioenergia proporcionando benefícios econômicos), ações que aumentem a produtividade e eficiência da pecuária, e instalação e operação de Estações de Tratamento de Esgotos (ETEs).

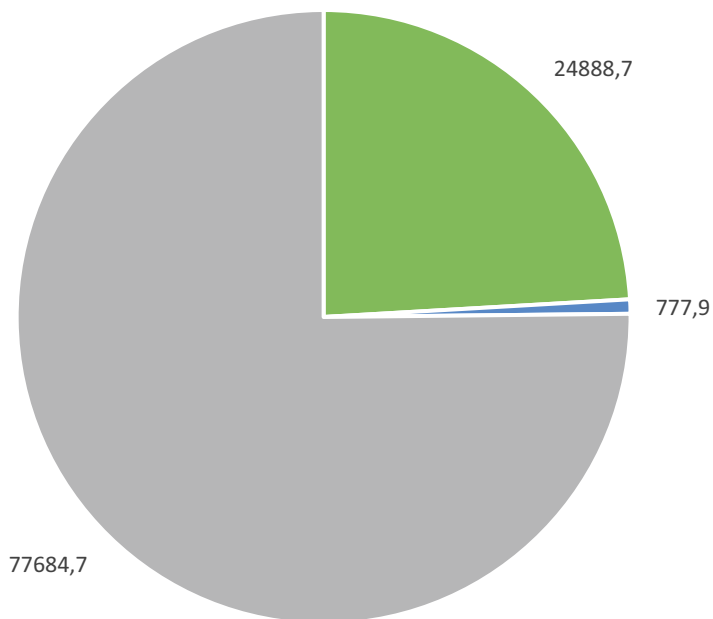


Figura 14. Pegada hídrica ($\text{m}^3 \cdot \text{produtividade}^{-1}$) na bacia do rio Correntes.

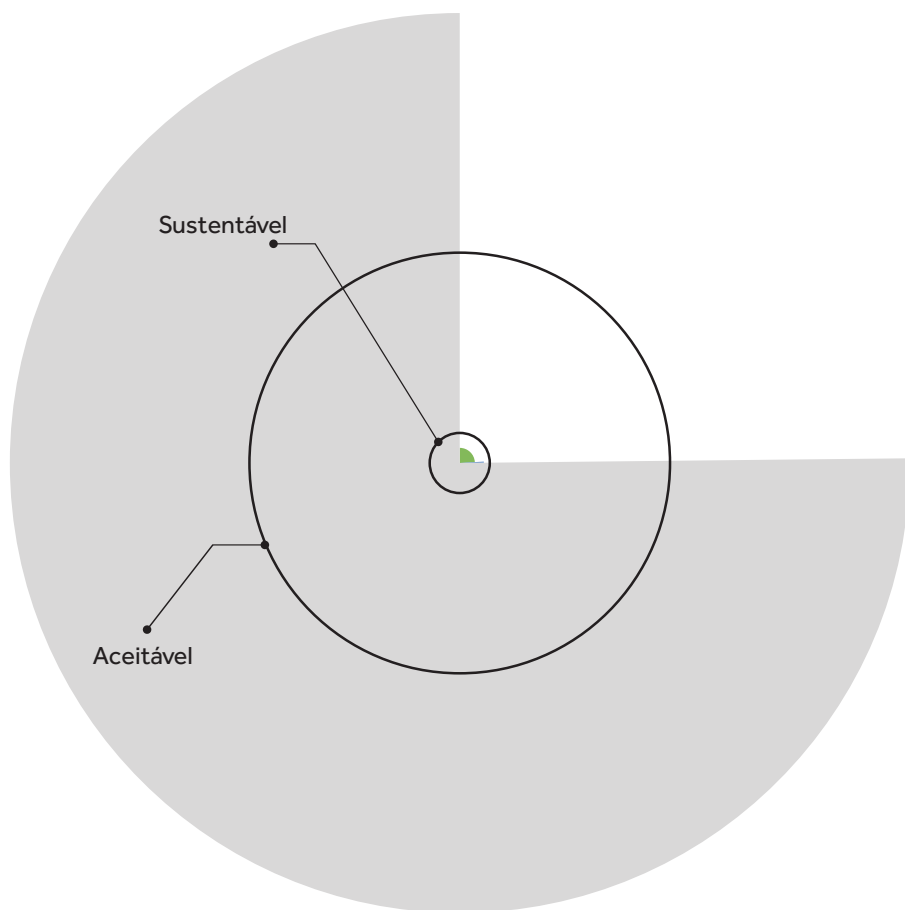


Figura 15. Análise de sustentabilidade da pegada hídrica na bacia do rio Correntes.

2.8.2 RIO DOS MATOS

Os setores usuários com maior atribuição para as PH_{verde} , PH_{azul} e PH_{cinza} são semelhantes aos da bacia do rio Correntes, no entanto, percebe-se um aumento dos valores absolutos dos componentes da pegada do setor agrícola devido à maior proporção do uso do solo com finalidade agrícola no rio dos Matos. O componente cinza continua sendo o de maior contribuição (74%) para a PH_{total} (Figura 16).

A análise da sustentabilidade demonstrou o mesmo comporta-

mento referente à bacia do rio Correntes, sendo sustentável para os componentes verde e azul, e insustentável para o cinza (Figura 17). Portanto, as medidas mitigadoras direcionadas, principalmente, para os componentes cinza e azul podem ser as mesmas recomendadas para a bacia do rio Correntes. Devido à proximidade geográfica e comum predominância dos usos do solo, sugere-se a interlocução entre os atores municipal e estadual, de forma a desenvolver ações conjuntas para as duas bacias formadoras da bacia do rio Longá.



Vegetação nativa e córrego seco na localidade de Gameleira, Bacia do Longá, Pedro II (PI)

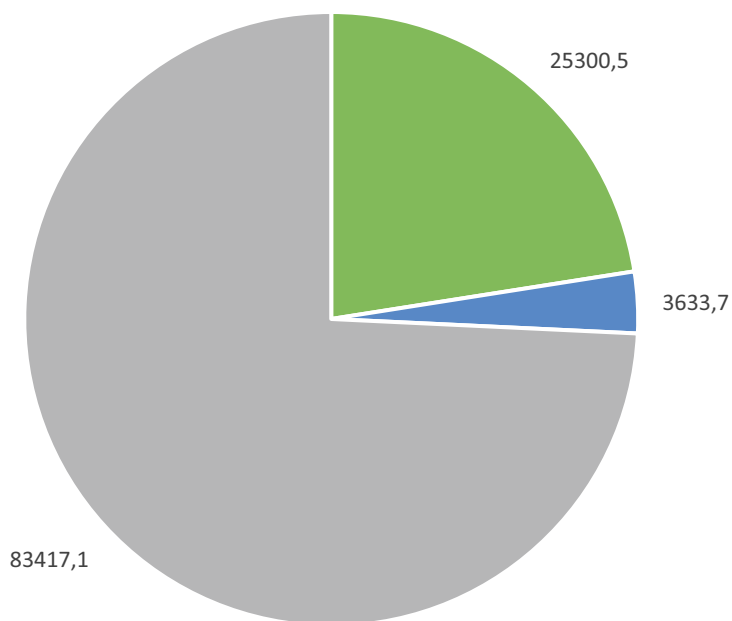


Figura 16. Pegada hídrica ($\text{m}^3 \cdot \text{produto}^{-1}$) na bacia do rio dos Matos.

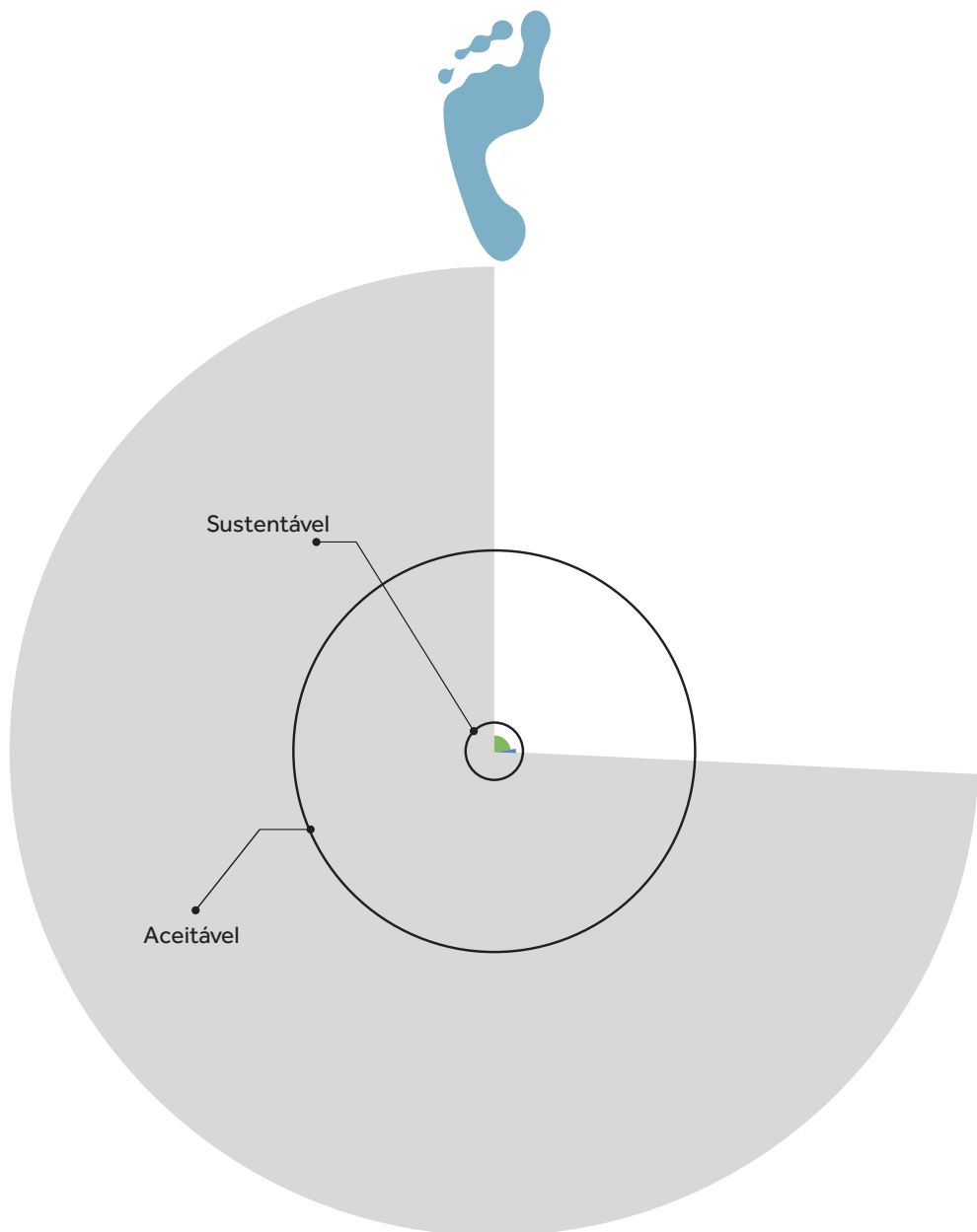


Figura 17. Análise de sustentabilidade da pegada hídrica na bacia do rio dos Matos.

3 INTERVENÇÕES NAS BACIAS E SUA CORRELAÇÃO COM AS RECOMENDAÇÕES DE MITIGAÇÃO DA PEGADA HÍDRICA

O Programa Água Brasil vem desenvolvendo várias atividades de campo para a implementação de boas práticas agropecuárias e tecnologias sociais que visam mitigar os impactos socioambientais gerados pelos diversos setores econômicos nas bacias alvo do programa.

O somatório das intervenções já realizadas e planejadas para o meio rural tende a interferir direta e indiretamente na pegada hídrica total e em seus três componentes (Tabela 2). Por exemplo, as técnicas de construção de barraginhas e terraceamentos (peito de pombo), totalizando mais de 900 unidades no Cancã, Moinho e Pipiripau, tendem a mitigar a pegada hídrica azul e cinza, pois contribuem para a redução da erosão laminar, aumento da infiltração, recarga do lençol freático e redução da contaminação dos

corpos d'água via lixiviação de nutrientes agrícolas.

Um total de 641 hectares está sendo recuperado em cinco bacias (Tabela 2) por meio do plantio de espécies arbóreas nativas em Áreas de Preservação Permanente (APPs), de forma a gerar serviços ambientais de grande valor, tais como a proteção de zonas de recarga de aquíferos, nascentes, córregos e rios, além de recuperar a fertilidade do solo. Esta intervenção, somada à conservação de fragmentos florestais, com destaque para a bacia do Guariroba (916 hectares de fragmentos conservados), contribui para a mitigação das pegadas hídricas verde e azul.

Em relação à pecuária, três intervenções reforçam a mitigação da

pegada hídrica gerada por este setor: recuperação de pastagens, pastoreio rotacional Voisin⁴ e integração lavoura-pecuária-floresta. As bacias do Cancã, Moinho, Guariroba e Igarapé Santa Rosa, com vocação pecuária, possuem uma ou mais intervenções desse tipo, as quais objetivam o aumento da produtividade e da capacidade suporte das pastagens, além do bem-estar animal e a proteção dos recursos hídricos.

As cisternas de uso doméstico e as cisternas calçadão para uso agrícola são duas tecnologias sociais empregadas como medidas eficazes para garantir a segurança hídrica, especialmente nas bacias do

4 O sistema de pastoreio rotacional Voisin, criado na década de 1950 pelo francês André Voisin, é uma tecnologia que vem sendo bem aplicada do ponto de vista ecológico. Consiste na aplicação do período de repouso para que a gramínea acumule mais reservas durante o ciclo de crescimento subsequente. Desse modo, a perenidade das pastagens é favorecida e ganhos mais expressivos em produtividade são alcançados.

Peruaçu e Longá. Com capacidade para armazenar 16.000 litros (uso doméstico) e 75.000 litros (calçadão), respectivamente, são construções subsidiadas que atendem as necessidades hídricas de diversas famílias. Desse modo, evitam a retirada desordenada de água dos rios e outras fontes da região, principalmente na época seca, quando há maior probabilidade de conflitos pelo uso da água entre setores usuários. Estes investimentos diminuem a pressão nas vazões ambientais, aumentando a disponibilidade de água para uso antrópico.

As bacias do Pipiripau e Igarapé Santa Rosa receberam investimento para construção de fossas sépticas econômicas instaladas em residências rurais. Nesse sentido, ocorre redução da pegada cinza, pois o despejo de esgoto in natura de 454 famílias nos rios Pipiripau e Acre vem sendo eliminado, conseqüentemente, reduzindo o índice de doenças transmitidas pela água.



O CASO DO IGARAPÉ SANTA ROSA

O Programa Água Brasil realiza intervenções completas no trecho alto, médio e baixo do Igarapé Santa Rosa, para que ele desague mais limpo no rio Acre. As ações começaram pelas nascentes e APPs, seguindo pelo trecho periurbano (onde há muitas chácaras) até a parte rural, onde há a desembocadura no rio Acre. Completamente assoreado e coberto por gramíneas invasoras, a passagem da água no trecho periurbano estava totalmente obstruída por uma barreira de sedimentos que represava o fluxo natural. Portanto, foram retiradas mecanicamente as gramíneas invasoras e a carga de

sedimentos. Em seguida, foram consolidadas as ações de restauração das APPs e de isolamento do gado. Na parte do igarapé que cruza trechos urbanos, a instalação de fossas sépticas econômicas vem contribuindo para solucionar os problemas de saneamento. Tudo vem sendo realizado em ações integradas por todo o curso d'água, melhorando a vazão ambiental, níveis de oxigenação, qualidade da água e até mesmo a quantidade de peixes no local. Todas essas medidas tendem a refletir diretamente na redução da pegada hídrica cinza.



© Flavio Quental / WWF-Brasil

Tabela 2. Principais intervenções realizadas nas bacias hidrográficas assistidas pelo Programa Água Brasil.

Intervenção	Cancã/ Moinho	Guariroba	Pipiripau	Peruaçu
Barraginhas	300		300	530
Terraceamento	99	4553	250	
Restauração Florestal	68	170	108	
Conservação de Fragmentos Florestais	321	916		48
Recuperação de Pastagens		20		
Pastoreio Rotacional Voisin	57			
Integração Lavoura- Pecuária-Floresta		6,9		
Cisterna de Uso Doméstico				415
Cisterna Calçadão				62
Fossas Sépticas Econômicas			184	

	Lençóis	Santa Rosa	Longá	Mitigação	Total
				PH _{azul} , PH _{cinza}	1130 unidades
				PH _{azul} , PH _{cinza}	4902 hectares
	290	5		PH _{verde} , PH _{azul}	641 hectares
		76		PH _{verde} , PH _{azul}	1361 hectares
		140		PH _{verde} , PH _{cinza}	160 hectares
				PH _{verde} , PH _{azul}	57 hectares
				PH _{verde}	6,9 hectares
			66	PH _{azul}	481 unidades
			91	PH _{azul}	153 unidades
		270		PH _{cinza}	454 unidades

4 CONSIDERAÇÕES FINAIS

O estudo pôde concluir que há limitações na contabilização do valor da pegada hídrica total em bacias hidrográficas, mesmo que para alguns casos sejam utilizados dados regionalizados, ou seja, provenientes de regiões próximas com condições ambientais similares. Não é possível associar um comportamento único que relacione o tamanho da bacia hidrográfica com a magnitude da pegada hídrica e a proporção dos seus componentes verde, azul e cinza. Tampouco é possível associar o tamanho de uma bacia hidrográfica com os graus de (in) sustentabilidade de cada componente. Setores usuários, comunidades, instituições de pesquisa, esferas de governo municipal, estadual e federal, comitês, consórcios e agências de bacias configuram, portanto, elementos-chave para uma gestão participativa dos recursos hídricos.

Algumas dificuldades foram encontradas na realização da avaliação da pegada hídrica das sete bacias do Programa Água Brasil. Dentre elas, destacam-se a ausência ou escassez de dados sobre monitoramento fluviométrico e hidrológico e a necessidade de aprimorar o mapeamento do uso e ocupação de solo com melhor grau de resolução e detalhes. A metodologia de cálculo da pegada hídrica e de sua sustentabilidade muitas vezes precisou ser adaptada devido à escassez de dados padronizados e pela variabilidade na escala das bacias hidrográficas. Por fim, as estimativas do setor de saneamento foram realizadas através de uma taxa per capita padrão de geração de efluentes, resultando em valores iguais entre bacias com diferentes tamanhos e atividades econômicas estabelecidas.

A pegada hídrica verde foi o componente que mais contribuiu com o valor total da pegada hídrica nas sete bacias hidrográficas estudadas, com exceção da bacia do rio Longá, na qual o componente cinza superou o verde. O cálculo da pegada hídrica em valores absolutos é importante, no entanto, o

foco deste trabalho foi dado à avaliação da sustentabilidade dos componentes verde, azul e cinza, de forma a evidenciar os pontos críticos (hotspots) e auxiliar projetos que visem à redução dos impactos negativos decorrentes do uso inadequado dos recursos hídricos pelos setores usuários existentes.

Na análise de sustentabilidade da pegada verde, apenas a bacia do Cação chamou mais atenção, saindo da situação de sustentável para aceitável em oito meses do ano. Na análise de sustentabilidade da pegada azul, atenção deve ser dada às bacias do Pipiripau, Peruaçu e Longá. Isto se deve a interferências nas vazões ambientais associadas a usos antrópicos, tais como irrigação, ou análises anuais que podem vir a camuflar eventuais hotspots em alguns meses do ano, ou mesmo devido a alguns meses do ano quando saem da situação sustentável para aceitável por causa da disponibilidade irregular de água.

Na análise da sustentabilidade da pegada cinza, três das bacias estudadas ultrapassaram o limite de sustentabilidade e de aceitabilidade pré-definidos, são elas: Lençóis, Pipiripau e Longá. Foram consideradas insustentáveis por estarem em situação que comprometem os padrões vigentes de qualidade da água. Portanto, necessitam com urgência da adoção de medidas que mitiguem a poluição difusa, a partir da identificação de pontos específicos e períodos do ano nos quais as pegadas deixam de ser sustentáveis. Prioridade foi apontada para a bacia do Rio Longá, uma vez que tanto Matos quanto Correntes mostraram nível de insustentabilidade muito elevado.

Com relação às ações e medidas visando à mitigação da pegada hídrica das bacias alvo dos Projetos Socioambientais no Meio Rural, o Programa Água Brasil vem desenvolvendo várias atividades para a implantação de boas práticas agropecuárias e tecnologias sociais. Todos esses esforços

tendem a interferir positivamente, de forma direta ou indireta em um ou mais componentes da pegada hídrica. Entretanto, os resultados observados indicam claramente que quaisquer medidas mitigadoras, estratégias de adaptação ou de redução da pressão da pegada hídrica, compreendem, fundamentalmente, ações locais e requerem monitoramento contínuo e sistemático.

Recomenda-se para futuras pesquisas refazer os cálculos da pegada hídrica e de sua sustentabilidade com periodicidade, à medida que novos dados forem aferidos e disponibilizados, tanto para alimentar a metodologia de cálculo quanto para mudanças significativas na demanda hídrica que venham a ocorrer nas bacias estudadas. Ademais, estudos futuros para determinação da vazão ambiental frente às demandas naturais devem ser revisitados, uma vez que um dos grandes gargalos da avaliação da pegada hídrica é a necessidade de atendimento às vazões ambientais.



Ministério do
Meio Ambiente

