

Valoração da produção de água: uma aplicação dos métodos de custo de reposição e de custo de oportunidade

Valuation of water production: an application of the replacement cost and opportunity cost methods

Alexander Matos LEITÃO^{1*}, Luciana Ferreira da SILVA², Arnaldo Freitas de OLIVEIRA JÚNIOR³

Artigo recebido em
30 de setembro de 2024

Versão final aceita em
28 de julho de 2025

Publicado em
16 de abril de 2026.

Resumo: A valoração dos Serviços Ambientais (SAs) voltados à produção de água é pauta relevante para o uso sustentável da água na produção de alimentos e na melhoria de políticas de Estado. Esta pesquisa teve por objetivo estimar o valor do SA para produção de água, no contexto das políticas públicas do Brasil, a partir do estudo de caso em um Sistema Agroflorestal (SAF) no bioma Cerrado/Mata Atlântica, em que se buscou: mensurar monetariamente o SA de produção de água em um SAF consolidado; e avaliar dois métodos de valoração, o Método do Custo de Oportunidade (MCO) e o Método do Custo de Reposição (MCR), ambos aplicados à produção de água. Com a aplicação da estratégia metodológica, foram identificados dados financeiros e contábeis, inseridos em planilhas e tratados com uso do SPSS. Após isso, foram aplicados os métodos citados: primeiramente, o MCO, embasado em cinco equações que corroboram a valoração econômica da produção de água; depois, o MCR, que contou com outras cinco equações, desta vez possibilitando a construção da valoração monetária da mesma produção. Mediante os resultados obtidos com o MCR dentro do arranjo SAF investigado, foi constituída a proposta do Valor da Produção de Água (VPA) com valor estimado em US\$ 317,42 por hectare ao ano. Quanto aos resultados encontrados na aplicação do MCO, foi proposta a aplicação do Índice de Valoração da Produção de Água (IVPA) na análise dos cenários economicamente viáveis para o local. Assim, foi possível concluir que a adoção do VPA em programas de Pagamento por Serviços Ambientais (PSA) torna a produção de água mais atrativa. Ademais, ao comparar cenários, o IVPA foi eficaz na análise e tomada de decisão junto a políticas públicas.

Palavras-chave: recursos hídricos; sistemas agroflorestais; serviços ambientais; serviços ecossistêmicos; pagamento por serviços ambientais.

Abstract: The valuation of Environmental Services (ES-env) related to water yield is a relevant topic for the sustainable use of water in food production and the improvement of State policies. This study aimed to estimate the value of ES-env for water yield within the context of public policies in Brazil, based on a case study in an Agroforestry System (AFS) located in the Cerrado/Atlantic Forest biome. The objectives were: to monetarily measure the ES-env of water yield in a consolidated AFS; and to evaluate two valuation methods, the Opportunity Cost Method (OCM) and the Replacement Cost Method (RCM), both applied to water production. Using the proposed methodological strategy, financial and accounting data were identified, organized in spreadsheets, and processed using IBM SPSS Statistics. Subsequently, the aforementioned methods were applied: first, the OCM, based on five equations supporting the economic valuation of water production; then, the RCM, which involved another five equations enabling the construction of the monetary valuation of the same production. Based on the results obtained from the RCM within the AFS studied, the Water Production Value (WPV) proposal was established, with an estimated value of US\$317.42 per hectare per year. Regarding the results found in the application of the OCM, it was proposed to apply the Water Production Value Index (WPVI) in the analysis of economically viable scenarios for the site. Thus, it was concluded that

- 1 Universidade Federal da Grande Dourados (UFGD), Dourados, MS, Brasil.
 - 2 Universidade Estadual de Mato Grosso do Sul (UEMS), Dourados, MS, Brasil.
 - 3 Centro Federal de Educação Tecnológica de Minas Gerais (CEFET-MG), Belo Horizonte, MG, Brasil.
- * E-mail de contato:
alexanderleitao@gmail.com

adopting the WPV in Payment for Environmental Services (PES) programs makes water yield more attractive. Moreover, when comparing scenarios, the WPVI was effective in the analysis and decision-making for public policies.

Keywords: water resources; agroforestry systems; environmental services; ecosystem services; payment for environmental services.

1. Introdução

A escassez de recursos naturais, cada vez mais evidente, impulsiona a humanidade a buscar formas de adaptação e desencadeia debates intensos sobre a utilização sustentável desses recursos (Desta & Lemma 2017; Ndzabandzaba & Hughes, 2017; Del Vecchio & Barone, 2018), sendo a água um dos recursos naturais mais debatidos. Um exemplo disso é a Declaração Universal dos Direitos da Água, promulgada pela Organização das Nações Unidas (ONU), que salienta a importância desse recurso para a humanidade (Universidade de São Paulo [USP], 1992).

Diante da distribuição desigual de água doce no planeta, a ONU alerta para a finitude desse recurso (Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico [ANA], 2021). Essa realidade impulsiona a comunidade científica a buscar soluções inovadoras, como a extração sustentável, para garantir o acesso à água para todos (Garcia et al., 2017; Salem et al., 2017; Chiodi & Marques, 2018; Karandish & Šimůnek, 2018).

Com cerca de 12% da água doce do planeta, o Brasil é um dos países mais ricos em recursos hídricos (Matsuoka, 2019). Esse destaque se reflete internamente e exige um monitoramento constante por parte da ANA.

A ANA apontou em seus estudos técnicos que o maior consumo de água no Brasil diz respeito à irrigação, cerca de 49,8% do total (ANA, 2021). Entretanto, esse consumo está crescendo, e para 2035 são projetados prejuízos reais à cadeia agrícola e industrial na casa de US\$ 111,5 bilhões. Esses valores foram extraídos da dimensão econômica do Índice de Segurança Hídrica (ISH), dentro de um cenário de crise hídrica, projetados a partir de dados históricos (ANA, 2020; 2023).

A fim de promover a sustentabilidade no setor agroindustrial, diversas medidas estão sendo adotadas, como a difusão de tecnologias inovadoras (Ribeiro et al., 2017). Os Sistemas Integrados (SIs) e os Sistemas Agroflorestais Biodiversos (SAFs Biodiversos) são exemplos dessas iniciativas que combinam agricultura e preservação da natureza (Gil et al., 2015; Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária [EMBRAPA], 2017).

Os SAFs são sistemas de produção baseados na agroecologia que combinam diferentes culturas e espécies, aumentando a oferta de Serviços Ecossistêmicos (SEs) (Padovan et al., 2017; EMBRAPA, 2018; Oliveira et al., 2018), que são “benefícios relevantes para a sociedade gerados pelos ecossistemas, em termos de manutenção, recuperação ou melhoria das condições ambientais” (*Lei nº 14.119*, 2021, p. 1).

Aqui surgem mais desafios, lacunas que esses serviços abrem na pers-

pectiva econômica, a exemplo da valoração destes (Paiva & Coelho, 2015; MacDonald et al., 2016; Katko, 2017; Natyzak et al., 2017). Atualmente, existem diversas correntes, com destaque para a economia ecológica, que utiliza métodos de valoração e ferramentas como o Pagamento por Serviços Ambientais (PSA).

Os PSAs são mecanismos de transação voltados à provisão de Serviços Ambientais (SAs) – que são “atividades individuais ou coletivas que favorecem a manutenção, a recuperação ou a melhoria dos serviços ecossistêmicos” (*Lei nº 14.119*, 2021) –, através da promoção de incentivos, no modelo protetor-recebedor, em prol do uso sustentável dos recursos naturais (Wunder, 2015).

Dentro de rol de opções para aplicação dos PSAs, destaca-se o Pagamento pelo Serviço de Provisão de Água (PSA Água). Trata-se da remuneração aos produtores rurais que garantem condições da produção de água, como a manutenção de nascentes (Santana & Alvarenga, 2006; Lino, 2009), plantio de mudas, cercamento de nascentes, incremento de áreas de cobertura vegetal, entre outras estratégias.

A partir dessa contextualização emergem demandas por alternativas mais adequadas para valorar o SA de produção de água (Vilar, 2009; Paiva & Coelho, 2015; Caetano et al., 2016; Chiodi & Marques, 2018) e questões como: quais dessas poderiam ser aplicadas no contexto dos SAFs Biodiversos (Silva, 2014; Nascimento et al., 2016; Padovan et al., 2017).

Assim esta pesquisa teve por objetivo estimar o valor monetário do SA de produção de água em um SAF Biodiverso inserido no bioma Cerrado/Mata Atlântica no cenário das políticas públicas brasileiras, considerando para tal a aplicação dos Métodos de Custo de Reposição (MCR) e de Custo de Oportunidade (MCO).

2. Revisão de literatura

2.1. Métodos de valoração ambiental

Inicialmente, ao identificar e classificar os SEs, o *Millennium Ecosystem Assessment* (MEA) definiu que estes são as contribuições da natureza à sociedade (Millennium Ecosystem Assessment [MEA], 2005; *Lei nº 14.119*, 2021). Nesta classificação, os SEs estão divididos em quatro categorias: Serviços de Provisão, que se referem a bens como alimentos, água e energia; Serviços de Regulação, os quais incluem controle de pragas, enchentes e manutenção do ciclo hidrológico; Serviços Culturais, que abrangem valores espirituais, recreativos e estéticos; e Serviços de Suporte, que são processos ecológicos essenciais, como a formação do solo e a ciclagem de nutrientes (MEA, 2005).

Com isso, novos debates surgiram, por exemplo, como mensurar e valorar os SEs e SAs? O que se trata de uma tarefa complexa e perpassa por diversas barreiras, como a economia, a política, o mercado etc.

Kooten (2018) argui que é possível valorar monetariamente toda externa-

lidade. Em alguns casos, o mercado falha nessa valoração, como ocorre com os SEs. Todavia, existem instrumentos para sanar isso, a exemplo dos incentivos econômicos como o PSA (Bezerra, 2020).

De acordo com Garcia e Romeiro (2015), é complexo atribuir valor a ativos não mensuráveis como os diversos recursos naturais. Pesquisadores como Pavan Sukhdev ampliaram esse horizonte, com a obra *The Economics of Ecosystems and Biodiversity* (TEEB) e a contabilização dos ativos ecossistêmicos (Matsuoka, 2019).

Os pioneiros na valoração dos SEs da biosfera, Costanza et al. (1997), estimaram tal serviço a uma média de US\$ 33 trilhões/ano, atualizando esse valor para US\$ 125 trilhões/ano em 2014 e US\$ 145 trilhões/ano em 2019 (Matsuoka, 2019). Costanza et al. (1997) ainda defendem que a valoração ambiental deve ser estatística e que cada SE tem seu valor específico.

Odum e Odum (2000) vai além e argumenta que, ao se valorar um SE, é necessário analisar esse capital natural de forma monetária.

Autores como Motta (1997) e Machado (2011) contribuíram na sistematização da valoração dos recursos naturais. O primeiro buscou classificar esses recursos naturais por seu valor de uso e não uso. O segundo definiu alguns métodos de valoração, como o Método do Custo de Reposição (MCR). A literatura conta com diversos métodos de valoração. Machado (2011) elenca sete métodos e divide-os em dois grandes grupos: os métodos indiretos, que avaliam, dentre outros itens, a degradação e a capacidade produtiva; e os métodos diretos, que avaliam características de mercado com mais profundidade. A título de exemplo, o Custo de Viagem (MCV) é geralmente utilizado em destinos de recreação, sendo um método direto baseado na Disposição a Pagar indireta (DAP Indireta) (Machado, 2011).

Ainda segundo Machado (2011), no Valor de Uso (VU), a valoração se baseia na existência de bens similares e precificados pelo mercado, podendo ser direto (VUD), indireto (VUI) e de opção (VO). A exemplo do MCV, o VUD é dado pela visitação, o VUI deriva dos SEs, como biodiversidade, e o VO é oriundo da opção pelo uso futuro (Machado, 2011). Já o Valor de Não Uso (VNU) representa o valor de existência de determinado recurso, e nele há o Valor de Existência (VE), que não se associa ao uso, e sim a valores como os éticos, morais e de legado (Motta, 1997).

Para Motta, a valoração monetária trata do preço associado a um patrimônio, serviço e/ou recurso natural, enquanto a valoração econômica está vinculada ao valor real. Ele ainda defende que “determinar o valor econômico de um recurso ambiental é estimar o valor monetário deste em relação aos outros bens e serviços disponíveis na economia” (Motta, 1997, p. 227). Logo, a valoração econômica é precedida da valoração monetária.

Para Viana et al. (2012), esse processo é inverso, contudo, para ambos (Motta, 1997; Viana et al., 2012) a valoração decorre da aplicação de métodos específicos.

Outro ponto de vista foi abordado por Adam Smith (1983), que dividiu o

valor por seu poder de uso e de troca. Para ele, o recurso com maior valor de uso possui menor valor de troca, e vice-versa.

Smith (1983) exemplificou essa relação com o Paradoxo da Água, em que “não há nada mais útil que a água”. Mas por ser, em tese, abundante, seu valor de troca é pequeno se comparado ao diamante, que “quase não tem nenhum valor quanto ao seu uso, mas se encontrará frequentemente uma grande quantidade de outros bens com o qual trocá-lo” (Smith, 1983, p. 117). Esse paradoxo elucida que utilidade e importância são definidas pelo valor, e não pelo preço.

No contexto dos recursos ambientais, o valor econômico existe na tênue diferença entre o nível da produção desses recursos e seu consumo pela sociedade (Motta, 1997). No caso dos SEs e SAs, a valoração monetária perpassa por *gaps* do mercado, geralmente permitindo *proxys* de valor ou preço.

Nesse cenário, os modelos de valoração sofrem críticas, pois, ao buscar lastro com instrumentos de mercado, acabam por serem úteis como parâmetros, mas abrem questionamentos e até reivindicações de natureza moral (Matsuoka, 2019).

Estudos como os de Spash (2007) propõem uma nova classificação, introduzindo a valoração monetária deliberativa (VMD), um modelo híbrido entre abordagens econômicas e políticas.

Nessa linha, Ortiz (2018) classifica os principais métodos em: Preferência revelada (custo de viagem, preço hedônico); Preferência declarada (valoração contingente, escolha discreta); e Custos evitados e custo de reposição.

Por fim, para Jax et al. (2018) não há uma abordagem única e linear para aplicar metodologias como as de valoração, o que abrange, inclusive, o próprio conceito de SE.

Diante desse contexto, esta pesquisa oferece uma perspectiva mais ampla para a busca de soluções, com enfoque na valoração do serviço ambiental.

2.2. Método de custos de reposição (MCR)

O Método de Custo de Reposição (MCR) faz parte do rol de métodos indiretos tendo por base o mercado de bens substitutos. O MCR captura o valor mínimo de determinado recurso ambiental, com um retrato do custo relativo à restauração desse recurso à sua característica originária, em condições possíveis (Vergara et al., 2014; Bezerra, 2020).

De acordo com Marques et al. (2005), o MCR pode ser aplicado a cálculos de recomposição de solo erodido, visto que o gasto com nutrientes, como o Nitrogênio (N) comercial, pode ser mensurado. Além disso, iniciativas como a Tendência em Serviços Ecossistêmicos (TESE), da Fundação Getúlio Vargas (FGV), aplicaram o MCR na valoração de SEs associados à emissão de CO₂, com resultados que corroboram o método na valoração de externalidades (FGVces, 2019).

No Brasil, o MCR é utilizado em diversos programas de PSA Água, que se valem da mensuração de indicadores, como o reflorestamento, na fiscalização e remuneração de seus produtores. O MCR oportunamente elenca

gastos internalizados pelos produtores, passíveis de quantificação por dados financeiros e contábeis (Vergara et al., 2014).

2.3. Método de custos de oportunidade (MCO)

Assim como o MCR, o Método de Custos de Oportunidade (MCO) faz parte dos métodos indiretos de valoração. É importante frisar que o conceito de Custo de Oportunidade (CO) foi cunhado por Frederick Von Wieser (1851–1926), que o definiu como “a renda líquida gerada pelo fator em seu melhor uso alternativo” (Beuren, 1993, p. 1).

Machado (2011) alega que o MCO se baseia no ônus da preservação de determinado recurso ambiental, frente à viabilidade ou inviabilidade econômica de seu uso ou exploração.

Já Maia (2002) analisa sob outro prisma: para ele, o CO é gerado pela conservação desses recursos e pode gerar prejuízos financeiros, caso não seja explorado.

O CO vem sendo estudado sob dois prismas: da economia, pautado no conceito de Frederick Von Wieser, em que o CO é mensurado pela renda de seu melhor uso; e da contabilidade, que pressupõe que o CO pode ser mensurado pelo lucro, receita, custo etc. Ambos convergem no aspecto decisório do MCO, precedido de dados financeiros e análise multifacetadas quanto a índices e taxas de juros (Pereira et al., 1990).

Para Chodorow-Reich & Karabarbounis (2016), o CO é cíclico e volátil no transcurso do negócio. Por sua vez, Post et al. (2016) afirmam que o CO pode ser alterado bruscamente em situações anômalas, como guerras e pandemias. Já Guedes e Seehusen (2011) discorrem que o CO pode ser menos oneroso, desde que instrumentos econômicos como os PSAs equilibrem essa disfunção e que a compensação aumente a preservação.

A adoção do MCO se baliza na literatura, visto seu uso em diversos programas de PSA e PSA Água. Por se basear em aspectos quantitativos, o MCO permite a aferição de dados financeiros e contábeis, logo é um auxiliar na tomada de decisão com base em mecanismos de preço e lucratividade (Secretaria Especial de Produtividade, Emprego e Competitividade, 2020).

De fato, o MCO é abordado de formas diferentes em determinadas áreas, a exemplo da citada contabilidade e sua visão por vezes objetiva, ou das finanças, em não comparar investimentos com riscos diferentes, até mesmo da economia, ao permitir invocar questões e temas subjetivos. Mesmo dentro dessas aparentes divergências, os aspectos conceituais e até operacionais do CO se mesclam ao conceito definido por Frederick Von Wieser (Beuren, 1993).

3. Procedimentos metodológicos

3.1. Identificação e análise dos custos de oportunidade

Para viabilizar o uso do MCO na mensuração monetária do serviço produção de água, foram utilizadas projeções *shadow price* de receitas relativas dessa

produção a partir de três formas de exploração do solo comuns no território estudado, tais como:

- a) Pecuária extensiva (produção de carne bovina – engorda de gado de corte);
- b) Produção de grãos (produção de grãos, desdobrada em duas culturas anuais: soja e milho);
- c) Arrendamento da área – soja (arrendamento mercantil da terra para produção de soja).

Quanto à identificação dos custos produtivos, foram utilizadas fontes secundárias como demonstrativos contábeis e financeiros das três atividades mencionadas, selecionadas por serem demandantes diretas da produção de água na cadeia econômica local.

Assim, para efeitos de comparação, foi aplicado o MCO sem considerar os riscos de cada opção, logo, optou-se pela subjetividade em preferência ao prisma da economia ecológica. Foi adotado um roteiro de cálculos para o CO, os quais foram estruturados e baseados na literatura disponível.

A seguir apresentam-se os dados para cada forma de uso da terra.

3.1.1. Pecuária extensiva

A primeira opção analisada foi a produção de carne bovina, em específico a engorda de gado de corte. Para isso, a produção dimensionou a área estudada de forma a permitir um *proxy*, todavia foram excluídas do cálculo áreas impróprias ao manejo de animais. Logo, foram calculadas a quantidade máxima de cabeças por hectare e seu retorno anual, multiplicados pelo período da implantação do SAF. Para tanto, foi elaborada a equação I segundo Leitão (2021).

Equação I

Retorno Pecuária:

$$\sum \mathbf{RP} = \left\{ \left[(\mathbf{Qt.} \times \mathbf{A}) \times \mathbf{Lpa} \right] \times \frac{n}{Pe} \right\}$$

O Retorno Pecuária (RP) resulta da multiplicação da Quantidade de animais por hectare (Qt) pela Área destinada a essa produção em hectare (A). O resultado é multiplicado pelo Lucro líquido por animal (Lpa). Por fim, esse produto é novamente multiplicado pela razão entre o Período do SAF (n) e o Período de engorda (Pe).

Essa configuração pode ser melhorada com a adoção de adubação e manejos, associada a outras espécies de gramíneas. Para efeitos de cálculo foi projetada uma área de 30 hectares de braquiária, assim seriam inseridas 43 cabeças de gado com uma meta estimada de 34 arrobas por animal, resultando em cerca de 1.462,0 arrobas ao fim do ciclo (Gonsalves Neto, 2020).

Para o Pe foram consideradas pastagens com braquiária sem adubação, comportando cerca de 1,43 bois por hectare no ciclo da engorda. O ciclo da engorda corresponderia a aproximadamente 24 meses (Gonsalves Neto, 2020).

Ao dimensionar esses dados ao período do SAF estudado, 10 anos, e vis-

to o ciclo da engorda, tem-se cinco ciclos produtivos. Para determinar esses custos foram utilizados os dados da Confederação Nacional de Agricultura (CNA), sendo selecionados os valores relativos à região onde a pesquisa foi aplicada (Confederação da Agricultura e Pecuária do Brasil [CNA], 2021).

Os valores referentes à arroba foram coletados nos dados históricos do Centro de Estudos Avançados em Economia Aplicada (CEPEA-Esalq/USP), considerando os anos de 2011 a 2020, sem atualização monetária (Centro de Estudos Avançados em Economia Aplicada [CEPEA], 2021).

3.1.2. Produção de grãos

A segunda opção, produção de grãos, foi desdobrada em duas outras produções: safra soja e safrinha milho. Logo, o cálculo do Retorno Produção Milho (RPM) levou em consideração dados da produtividade média para a região disponíveis na base de dados do CEPEA e da Federação da Agricultura e Pecuária de Mato Grosso do Sul (FAMASUL).

A área da propriedade faz parte de uma região altamente produtiva, chegando a médias na casa de 93,5 sacas de milho por hectare, sendo essa a média aritmética dos períodos obtida após análise das médias históricas das sacas, disponíveis nas bases mencionadas, dentro do lapso de tempo 2011–2020 (Federação da Agricultura e Pecuária de Mato Grosso do Sul [FAMASUL], 2019; CEPEA, 2021).

Já as informações relativas aos custos de produção foram coletadas a partir dos dados da CNA especificamente da região estudada. Esses dados foram complementados com informações listadas na base de dados da Companhia Nacional de Abastecimento (CONAB), incluindo as médias percentuais de lucro líquido por safra. Outros parâmetros foram obtidos como fontes subsidiárias de informação, prova e contraprova (EMBRAPA, 2018; Richetti et al., 2018; CNA, 2021; Companhia Nacional de Abastecimento [CONAB], 2021). A equação II representa os valores de produção de milho.

Equação II

Retorno Produção Milho:

$$\sum \mathbf{RPM} = \left\{ [(\mathbf{Qt.} \times \mathbf{A}) \times \mathbf{Lsc}] \times \frac{n}{Ps} \right\}$$

O cálculo do Retorno Produção Milho (RPM) foi dado em moeda corrente (US\$), sendo obtido da multiplicação entre a Área possível (A) para essa produção na propriedade em hectare e a Quantidade produzida (Qt), esta estimada via produtividade média da região, dada em sacas por hectare (sc/ha). O produto desse cálculo inicial foi multiplicado pelo lucro líquido (Lsc), dado em US\$/hectare e baseado nos valores das médias históricas da CONAB. O resultado foi novamente multiplicado, dessa vez pelo quociente do Período safra (Ps), uma safra ao ano, pelo Período do SAF (n), de 10 anos (Leitão, 2021).

Como terceiro cálculo, e ainda dentro da segunda opção do CO, tem-se o Retorno Produção Soja (RPS), em que foram adotados os mesmos parâmetros

do RPM, no que tange a A, Ps e n. Entretanto, a produtividade média identificada para a região foi de 61,29 sacas por hectare, valores obtidos nas bases de dados do CEPEA e comparados a boletins e informes da FAMASUL. Já os custos totais e os percentuais de lucro líquido foram obtidos nas bases da CONAB (FAMASUL, 2020; CEPEA, 2021; CONAB, 2021). A equação III representa os valores de produção de soja.

Equação III

Retorno Produção Soja:

$$\sum \mathbf{RPS} = \{[(\mathbf{Qt.} \times \mathbf{A}) \times \mathbf{Lsc}] \times \frac{n}{Ps}\}$$

O RPS é calculado a partir do produto da multiplicação da Quantidade produzida (Qt) pela Área (A) em que essa produção é possível, dada em hectare. Vale relembrar que o Qt corresponde à sc/hectare e é relativo à produtividade média da região. Por sua vez, o Lucro líquido (Lsc) foi obtido com base nas informações da CONAB e é dado em US\$/hectare. Quanto ao Ps e ao n, os critérios são os mesmos do RPM (Leitão, 2021).

Ao se obter o valor para o RPM e o RPS, é possível chegar ao valor da opção produção de grãos. Consoante a prática local da monocultura da soja na safra no verão e do milho na safrinha de inverno, esse cálculo só é possível pela possibilidade real da área estudada em produzir duas safras anuais no sistema conhecido como plantio direto. Assim, com esses dois parâmetros pode-se realizar a equação IV.

Equação IV

Retorno Produção de Grãos:

$$\sum \mathbf{RPG} = \{\mathbf{RPM} + \mathbf{RPS}\}$$

Nessa equação, os valores de RPG, RPM e RPS são expressos em moeda corrente, ou seja, aqui em reais (R\$). Para calcular o RPG, basta somar o RPM com o RPS (Leitão, 2021).

3.1.3. Arrendamento da área – soja

Por fim, a terceira opção sugerida para o cálculo do CO é o arrendamento mercantil da área para produção de grãos. Para esse cálculo foi considerada a contratação remunerada anualmente com base em percentual acordado da colheita da safra.

Também foram replicados os parâmetros de período, área e produtividade, listados no cálculo do RPS, com dados de valor médio da saca obtidos no banco de dados CEPEA, correspondentes à região estudada (CEPEA, 2021). É importante destacar que o percentual mencionado teve por base os contratos regidos pela Lei Federal n.º 4.504/1964, que trata do Estatuto da Terra, definindo, entre outras, as remunerações para o arrendamento.

A lei citada estipula no inciso XII do artigo 95 que a remuneração dos

arrendamentos de áreas de intensa exploração e alta rentabilidade é de 15% sobre o valor do imóvel e suas benfeitorias. Contudo, a prática usual na região é a aplicação desse percentual na produção média (*Lei nº 4.504, 1964*). Assim, o cálculo do retorno arrendamento de área (para produção de soja) segue a equação V.

Equação V

Retorno Arrendamento da Área – Soja:

$$\sum RAS = \{[(Qt. \times A) \times Vs] \times \% \} \times \frac{n}{Ps}$$

O Retorno Arrendamento da Área – Soja (RAS), dado em moeda corrente, é obtido pelo produto da Quantidade produzida (estimada via produtividade média da região em sc/ha) (Qt), pela área em hectare (onde essa produção seria possível na propriedade). Esse resultado deve ser novamente multiplicado, mas agora pelo Valor da saca (Vs) (neste caso, sacas de 60 kg em US\$, valores da CONAB).

A terceira parte do cálculo se dá com a multiplicação do produto anterior com o percentual contratado (%) (neste caso, 30% da produção de soja). Esse valor é novamente multiplicado, mas dessa vez com o quociente do Período safra (Ps), uma safra ao ano, pelo Período do SAF (n), de 10 anos (Leitão, 2021). Esses cálculos visam, mesmo que de modo simples, identificar os COs das atividades potenciais para a região.

Ao oportunizar uma análise mais ampla, a inclusão de variáveis complexas, como a da preservação ambiental, auxilia os *stakeholders* na opção de uso ou não do recurso ambiental. Mesmo que a valoração não seja profunda, ao menos se tem uma resposta a pressões econômicas conjunturais, dada a comparação da variável citada com as opções de exploração com mercado valorado e precificado.

3.2. Identificação e análise dos custos de reposição

Para se identificar e posteriormente analisar as variáveis aplicadas ao MCR, é necessário ter por premissa a estimativa dos Custos de Reposição para o local a ser estudado. Contudo, isso deve ser feito levando em conta as particularidades do local, como os tipos de manejo e as diferentes áreas que podem compô-la, como Áreas de Reserva Legal (ARLs) e Áreas de Preservação Permanente (APPs).

Desta feita, estimou-se o Custo Total de Reposição da Área (CTRA), em que foram adotados quatro procedimentos, transcritos a seguir:

- 1) Identificação, análise e cálculo do Custo Total da Recuperação das ARLs, APPs e os relativo à implantação do SAF;
- 2) Identificação e análise e cálculo do Custo de Recomposição da Fertilidade do Solo;
- 3) Identificação e análise e cálculo do Custo de Terraceamento do Solo; e

4) Identificação e análise e cálculo do Custo de Manutenção.

O primeiro procedimento advém do custo com o plantio de sementes e mudas, além dos custos com adubação, locação de máquinas e equipamentos e mão de obra para essa etapa. O segundo diz respeito ao Custo de Reposição do Solo, em que são trazidos à baila gastos com fertilizantes e custos decorrentes desse processo. Já o terceiro procedimento se refere ao Custo de Terraceamento do Solo, obtido a partir dos dispêndios com o trato físico do solo, tais como custos na construção de terraços e sua composição. O quarto procedimento estima os Custos de Manutenção (CM) dos SAFs que corroboram a produção de água.

A consolidação dos quatro procedimentos permitiu estimar o CTRA na construção de uma proposta de valoração ambiental voltada ao Método do Custo de Reposição (MCR). Ao aplicar o MCR, auxiliado de dados de formação de custos financeiros e contábeis, é possível a valoração ambiental a partir da valoração econômica.

No caso estudado, o lastro foi estabelecido com dados primários obtidos mediante questionários e entrevistas com dois produtores, além de subsídios com dados secundários e consultas com pesquisadores e consultores. Foram inseridos dados relativos ao período de 10 anos, tempo da implantação e consolidação do sistema produtivo local, os SAFs Biodiversos.

Todavia, alguns indicadores que poderiam ampliar as análises, como o histórico dos índices pluviométricos de vazão da água superficial, que permitem dimensionar a provisão do SE, não fazem parte dos cálculos listados, haja vista a inexistência desses para a área estudada.

Os cálculos que compõem as análises do custo de reposição estão descritos a seguir.

Equação VI

Custo Total da Recuperação das APPs, ARLs e implantação do SAF:

$$\sum CTRAPP = \{[Ad \times (Cp \times Pep)] + Cat + Cet + Cmt\}$$

O Custo Total da Recuperação das APPs, ARLs e implantação do SAF (CTRAPP) é dado pela multiplicação da Área desenvolvida (Ad) em hectare, pelo produto resultante do Custo Unitário por Espécime Plantado (Cp), em US\$/hectare, com a Proporção de Espécimes Plantados (Pep), em espécies/hectare.

Na composição dos custos do Pep, pela ausência de Benefícios e Despesas Indiretas (BDIs) médios para os serviços de plantio de arbustos, não previstos isoladamente no estudo realizado pelo Tribunal de Contas da União, foi adotado o valor mínimo dentre os BDIs médios estipulados para os diversos tipos de obra (Vergara et al., 2014). Esse resultado é somado com o Custo Total com Adubação por hectare (Cat), o Custo Total de Locação ou Aquisição de Equipamento no Plantio (Cet), deduzidas as depreciações, e o Custo Total com Mão de Obra na Implantação (Cmt), todos em moeda corrente (Leitão, 2021).

O cálculo elenca os custos com: plantio de mudas e sementes na implanta-

ção dos SAFs Biodiversos; recuperação das APPs e ARLs; adubação orgânica; locações e mão de obra dessa etapa. O cálculo do plantio de mudas foi adaptado de Vergara et al. (2014) e pode ser observado de acordo com a equação VI.

O CTRAPP é responsável pelos maiores desembolsos, seja nas fases de implantação, ampliação e, a depender do arranjo e manejo, reimplantação.

Equação VII

Custo de Recomposição da Fertilidade do Solo:

$$\sum \mathbf{CRS} = \{[(\mathbf{Pf} \times \mathbf{Qt.}) \mathbf{Ctlae} + \mathbf{Ctm}] \times \mathbf{Ad}\}$$

O Custo de Recomposição da Fertilidade do Solo (CRS) é obtido com o produto do Preço dos fertilizantes (Pf), pela Quantidade de fertilizantes (Qt), ambos em tonelada por hectare, expresso em reais. Esse produto é somado ao Custo Total de Locação ou Aquisição de Equipamento no trato do solo (Ctlae), deduzidas as depreciações, e o Custo Total com Mão de Obra na Aplicação (Ctm). Por fim, esse resultado é multiplicado pela Área desenvolvida dada em hectare (Ad) (Leitão, 2021).

Para o cálculo foram incluídos macronutrientes N, P, K, Mg, CA em valores correntes ao período de aquisição, além do custo com locações, aquisições de máquinas e equipamentos e mão de obra destinada a essa etapa, utilizando para isso uma adaptação da equação proposta por Marques et al. (2005), conforme equação VII.

Para Marques et al. (2005), a aplicação desses cálculos permite associar as medidas de melhoria na qualidade do solo com um custo produtivo e, por conseguinte, aferir o valor econômico e o solo degradado.

Equação VIII

Custo de Terraceamento do Solo:

$$\sum \mathbf{CTS} = [(\mathbf{Ctlae} + \mathbf{Ctm}) \times \mathbf{Ad}] \times \mathbf{n}$$

O Custo de Terraceamento do Solo (CTS) é resultado da soma do Custo Total de Locação de Máquinas no Trato do Solo (Ctlae), com o Custo Total com Mão de Obra para o Terraceamento do Solo (Ctm). Esse resultado é multiplicado pela Área desenvolvida em hectare (Ad) e posteriormente pelo Período de implantação (n) (Leitão, 2021).

O cálculo considera a soma do custo com locações de máquinas (em hora/máquina), prática constatada no caso estudado, e mão de obra (em dia/homem) voltada ao trato do solo, conforme equação VIII.

O CTS pode elevar os dispêndios financeiros iniciais a depender das condições da área.

Equação IX

Custo de Manutenção:

$$\sum \mathbf{CM} = (\mathbf{Ctlae} + \mathbf{Ctm} + \mathbf{Cti}) \times \mathbf{n}$$

O Custo de Manutenção (CM) é resultado da soma do Custo Total de Locação ou Aquisição de Equipamento no trato do solo (Ctlae), do Custo Total com Mão de Obra na Aplicação (Ctm) e do Custo Total com Insumos para manutenção (Cti), todos em moeda corrente. O resultado dessa soma foi multiplicado pelo período da implantação dos SAFs (n) (Leitão, 2021).

Para encontrar o CM, foram elencados aqueles relativos à locação e/ou aquisição (devidamente depreciada) de equipamentos, somados à mão de obra nesta etapa, que é a mais duradoura do processo, conforme equação IX.

O CM retrata custos muitas vezes negligenciados ou mal dimensionados, visto que demandam um controle rigoroso de gastos e o registro fiel deles.

Por fim, o cálculo do CTRA se elucida na equação X.

Equação X

Custo Total de Reposição da Área:

$$\sum \mathbf{CTRA} = \mathbf{CTRAPP} + \mathbf{CRS} + \mathbf{CTS} + \mathbf{CM}$$

O Custo Total de Reposição da Área (CTRA) considera o somatório dos CTRAPP, CRS, CTS e CM, todos dados em reais (Leitão, 2021).

O CTRA compila todos os cálculos anteriores ligados ao custo de reposição, logo retrata em valores monetários todo o aparato metodológico do MCR.

3.3. Identificação e análise da receita potencial do SAF e da produção de água

Nesse item se buscou analisar as receitas alternativas nos SAFs estudados, como estes podem incrementar o caixa da propriedade e, a partir disso, entender qual a lacuna que impacta a opção pela produção de água. Para isso foram utilizados dados contábeis fornecidos pelos proprietários, correspondentes ao período de 10 anos, da implantação à consolidação dos SAFs.

Esses dados foram tratados em planilhas do *Excel* e posteriormente aplicados à equação XI.

Equação XI

Receita Total do SAF:

$$\sum \mathbf{RTSAF} = [(\mathbf{Qt.} \times \mathbf{A} \times \mathbf{LL})] \times \frac{n}{Ps}$$

Nessa equação, de Receita Total do SAF (RTSAF), foram consideradas a produção de hortaliças, mudas, sementes, frutas, madeira e produção agregada desses produtos, sendo resultado da multiplicação da Quantidade Produzida por Cultura (Qt), da Área Produtível Utilizada por Cultura (A), ambas em hectare, e pelo Lucro Líquido por Cultura (LL). O produto resultante foi novamente multiplicado pelo quociente do Período em anos do SAF (n) e pelo Período produtivo (Ps), que pode ser dimensionado por cultivo ou safra, em anos (Leitão, 2021).

O RTSAF é uma métrica importante, visto que demonstra as receitas

geradas pelo SAF e impactam a valoração do SA produção de água, como poderá ser compreendido na sequência.

3.4. Valor da produção de água (VPA)

O Valor da Produção de Água (VPA) buscou demonstrar qual o valor mais justo a ser aplicado em um PSA Água, para que a opção produção de água tenha viabilidade frente aos custos, debitando destes as receitas possíveis no SAF. O VPA é um *proxy*, calculado pela razão entre a área produtiva e o resultado da subtração das receitas pelo custo de reposição, conforme equação XII.

Equação XII

Valor da Produção de Água (VPA):

$$\sum VPA = \frac{RTSAF - CTRA}{Ad}$$

O VPA pode ser expresso em US\$/hectare/ano, e é resultado da subtração da Receita Total do SAF (RTSAF), pelo Custo Total de Reposição da Área (CTRA). Esse valor é dividido pela Área desenvolvida em hectares (Ad) (Leitão, 2021).

Frisa-se que o VPA se lastreia no MCR, sendo a RTSAF uma receita do caso em tela, logo, o cálculo pode ser adaptado a outros arranjos produtivos.

3.5. Índice de valoração da produção de água (IVPA)

Após encontrar o VPA para a área, é possível avaliar se a atividade produção de água é atrativa. No caso da possibilidade de remuneração pelo VPA obtido, pode-se analisar a realidade local pelo Índice de Valoração da Produção de Água (IVPA). Esse índice faz a intersecção dos dois métodos de valoração econômica pesquisados, o MCO e o MCR.

O cálculo exige que o CTRA seja negativado, somando-se, uma a uma, as opções elencadas pelo MCO, e o resultado é dividido pelo CTRA, dessa vez positivo. Na sequência, o novo resultado é multiplicado por 100, de forma que o percentual obtido permita uma análise mais fidedigna das possibilidades do PSA Água aos produtores estudados, equalizando as demandas dos participantes de programas de PSA Água à realidade local, conforme se observa na equação XIII.

Equação XIII

Índice de Valoração da Produção de Água (IVPA):

$$\sum IVPA = \frac{(-CTRA) + MCO}{CTRA} \times 100$$

O IVPA é resultado do CTRA acrescido do sinal negativo, somado com as alternativas propostas para o MCO. Nesta pesquisa, as opções encontradas foram Retorno Pecuária; Retorno Produção Soja; Retorno Produção Milho; Retorno Produção de Grãos; e Retorno Arrendamento da Área – Soja (Leitão, 2021).

Ao permitir a aplicação do MCO, o IVPA possibilita a análise de cenários dentro das alternativas de uso do solo propostas.

No decorrer desta pesquisa foi mencionado que, apesar de métodos de valoração indiretos, o MCO e o MCR são balizados por diferentes variáveis. A literatura demonstra que ambos são utilizados em diferentes programas de PSA. O MCO é aplicado na análise de mercado de opções, geralmente estruturados na renda ou no lucro. Por sua vez, o MCR é reconhecido na análise de gastos, como os listados na recuperação de solo degradado, em caso de reflorestamento de áreas florestais.

Assim, o IVPA instrumenta uma análise com esses dois métodos e suas diversas variáveis em prol de uma tomada de decisão mais assertiva e realista.

É importante reforçar que esta pesquisa não estudou o SAF no contexto de outros SEs, como o carbono, nem a valoração de seus créditos. Não foram incluídas nas análises as vantagens tributárias nem a geração de renda via servidão ambiental, modalidade em que o proprietário renuncia seus direitos de exploração da vegetação nativa, não incluídas a ARL e a APP (*Lei nº 12.651, 2012*).

Também não foram objeto da investigação a identificação da Disponibilidade A Pagar (DAP), haja vista, entre outras razões, o caráter de estudo de caso, fator limitante na adoção de ferramentas do Método da Valoração Contingente (MVC).

4. Resultados e discussões

4.1. Resultados dos custos de oportunidade

Inicialmente, para os cálculos elencados para aplicação do MCO, obteve-se o Retorno Produção Pecuária (RP). Para essa opção produtiva, o lucro líquido foi de aproximadamente US\$ 250,92¹ médio por animal/ciclo de engorda. No último ciclo, o RP acumulado foi de US\$ 53.946,98, para um total de 43 cabeças estimadas em 1.462,0 arrobas, sendo abatida desse total a reposição de animais para um ciclo futuro, todavia não foram computados gastos relativos à infraestrutura.

Na sequência, tem-se o cálculo do Retorno da Produção Milho (RPM), em que o lucro líquido médio foi dado em saca por hectare ao ano, chegando ao valor aproximado de US\$ 1,54 (valor para uma produção total de 2,805 sacas ao ano). O retorno acumulado foi de cerca de US\$ 43.200,33 para as safras de milho inverno².

Já para o Retorno Produção Soja (RPS), a média aritmética encontrada para o lucro líquido foi de US\$ 3,57/sc/hectare/ano. A produção total para

1 Taxa de câmbio para compra: (R\$) / US\$) em 23/09/2024 (R\$ 5.544). Disponível em: <http://www.ipeadata.gov.br/ExibeSerie.aspx?serid=38590&module=M>

2 Valor representa o acumulado no período, com correções monetárias (IPCA).

esse resultado foi de aproximadamente 1,838 sacas ao ano. Logo, o RPS acumulado no período foi de US\$ 65.668,86, seguindo as mesmas diretrizes do RPM, com possíveis correções.

Desta forma, a soma do RPM e do RPS demonstrou um Retorno Produção de Grãos (RPG) de US\$ 111.400,22 no acumulado de 10 anos. Cabe destacar que esses valores se referem à produção em duas safras por ano, inverno (milho) e verão (soja).

Por fim, a última opção proposta ao Custo de Oportunidade, o Retorno Arrendamento da Área – Soja (RAS), visto que os dados são, em grande parte, os mesmos utilizados no RPS, ao aplicar a percentagem contratual limite para os contratos desse tipo na região estudada, teve 15% sobre a produção de soja, conforme o Estatuto da Terra (*Lei nº 4.504, 1964*), ou seja, um acumulado de US\$ 46.487,56.

A Tabela 1 demonstra os valores de Custo de Oportunidade para cada atividade econômica na área considerada.

Ao analisar a Tabela 1, fica evidente que o maior retorno total é do RPG, por se tratar da produção de duas culturas no ano (soja no verão e milho no inverno); e que o menor valor, o do RPM, representa cerca de 41% do maior valor. O segundo menor valor se refere ao RAS, e o segundo maior valor é dado pela opção RPS, nos moldes analisados nesta pesquisa.

Entretanto, apesar de retratar um período de determinado mercado, os Custos de Oportunidade não são, por si só, capazes de valorar SEs como no caso pesquisado, o da produção da água, o qual consiste em uma falha de mercado. Assim, de acordo com a valoração proposta, pode-se minimizar tais falhas por meio da adoção do Custo de Reposição.

Esses cálculos podem variar à medida que se adequem a realidades distintas de pesquisa. Ademais, eles podem ser refinados com aplicação de análises de viabilidade, via *Weighted Average Cost of Capital* (WACC), método que utiliza média ponderada do custo do capital de credores e do capital de acionistas (Leitão et al., 2022).

4.2. Resultados dos custos de reposição

Os Custos de Reposição foram realizados partindo dos custos totais da implantação dos SAFs e recuperação de ARLs e APPs, através da adaptação da equa-

Tabela 1 Valores de Custo de Oportunidade para cada atividade econômica.

Opções de Produção (MCO)	Retorno Total Acumulado
Retorno Produção Milho (RPM)	US\$ 45.731,36
Retorno Pecuária (RP)	US\$ 53.946,98
Retorno Produção Soja (RPS)	US\$ 65.668,86
Retorno Arrendamento da Área – Soja (RAS)	US\$ 46.487,56
Retorno Produção de Grãos (RPG)	US\$ 111.400,22

ção de Vergara et al. (2014). Deste primeiro cálculo foi necessário depreender o período inicial de implantação dos SAFs na área estudada (30 hectares).

Essa implantação dos SAFs, apesar de constante, teve seu pico nos três primeiros anos, quando os investimentos foram maiores. Quanto à proporção de espécies inseridas, o resultado foi de cerca de 330.57 arbóreas (árvores e mudas) por hectare, a um valor médio de US\$ 5,20 por muda, conforme dados contábeis fornecidos pelos produtores.

Os custos totais com adubação foram de US\$ 59,32 por hectare, valor consideravelmente baixo, visto o período analisado. A explicação se dá pelo manejo agroecológico, com uso de adubos orgânicos produzidos no local, o que permite a melhoria da ciclagem dos nutrientes, reduzindo a necessidade de insumos externos (Padovan et al., 2016).

Já os custos totais com aquisição ou locação de máquinas e equipamentos para a etapa do plantio de mudas foi de US\$ 1.201,42 apenas nos três primeiros anos. Quanto ao custo com mão de obra na etapa de implantação foi de aproximadamente US\$ 11.220,31.

Isso posto, o Custo Total da Recuperação das Áreas de Preservação Permanente, Áreas de Reserva Legal e implantação do SAF (CTRAPP) encontrado foi de US\$ 64.011,16.

O Custo de Recomposição da fertilidade do Solo (CRS) foi estimado para o período de três anos na área mencionada. Os fertilizantes utilizados nesta etapa foram adquiridos a um custo de US\$ 361,81 por tonelada. De acordo com os dados, foram utilizadas aproximadamente 1.18 toneladas.

Na sequência, dentro da equação do CRS, foram calculados o Custo total de locação de máquinas no trato do solo (Ct_{lae}) e o Custo total com mão de obra (C_{tm}) desta etapa, que resultaram em US\$ 52,23 e US\$ 487,83 respectivamente, conforme equação adaptada de Marques et al. (2005). Assim, o valor do CRS foi de US\$ 901,87 – um valor baixo, decorrente do manejo, como descrito anteriormente.

De acordo com Pugliesi et al. (2011, p. 119), no “sistema convencional, os preços de fertilizantes e de mão-de-obra representaram cerca de 50% cada um na composição do custo de reposição final”. Ressalta-se que os dados obtidos correspondem a áreas onde a etapa CRS foi desenvolvida.

No que tange ao CTS, os critérios de áreas e período são os mesmos do CRS, contudo os valores dizem respeito à aquisição ou locação de máquinas para o trato do solo e aos custos com mão de obra para esta etapa, cujos valores resultantes foram de US\$ 351,55 e US\$ 483,38 respectivamente. O valor do CTS foi de cerca de US\$ 839,38.

Os CM foram considerados nos períodos após a implantação, pois esses dados não puderam ser discriminados, visto o histórico disponível para esta pesquisa. Na equação sobre a isso se encontram os maiores dispêndios da propriedade, em que Ct_{lae}, C_{tm} (da etapa) e C_{ti} foram respectivamente de US\$ 779,56, US\$ 3.673,31 e US\$ 2.008,66. Esses valores culminaram em um CM de US\$ 33.178,76.

A última equação referente ao MCR, os Custos Totais de Reposição da Área (CTRA) foram somados, compondo o panorama completo do período na área estudada. O CTRA chegou à cifra de US\$ 98.931,17, equivalente a US\$ 329,77/hectare/ano, refletindo os custos totais da implantação dos SAFs na área estudada e, até certo ponto, revelando um parâmetro sobre o valor econômico da preservação, sem enquadrar isso a um mercado específico.

A Tabela 2 demonstra os valores resultantes dos cálculos do Custo de Reposição.

4.3. Resultados das receitas SAF

Quanto à Receita Total do SAF (RTSAF), respeitando o período e a área estudada, as fases iniciais do SAF não geraram receitas significativas, dentre outras razões, por se tratar de arranjos perenes. Logo, os dados foram ponderados a uma média global que permitiu os rateios.

As maiores receitas foram aferidas a partir do 7º ano, dentre outros motivos pela mudança de perfil produtivo, puxada pela demanda local por alimentos, que escalonou a receita da propriedade estudada em 200% entre os anos de 2017 e 2018.

Os custos fixos e variáveis da produção foram tratados, evitando, assim, duplicidades. O RTSAF acumulado foi de US\$ 3.705,48 – valor que pode ser estimado em US\$ 12,35/hectare/ano para o período total, com uma cesta produtiva de cerca de 35 alimentos convencionais, de frutíferas a pescado.

4.4. Resultados da produção de água (VPA)

O Valor da Produção de Água (VPA) foi estimado a partir dos valores anuais do RTSAF e do CTRA, US\$ 370,55 e US\$ 9.893,12, respectivamente. O VPA resultante foi de aproximadamente US\$ 9.522,57 ao ano para a área total, equivalente ao volume de água produzido na propriedade estudada.

Esse valor representa parte do esforço/trabalho ecossistêmico e biogeoquímico para produzir água. Tal trabalho, realizado pela natureza, possui um custo ecossistêmico e apresenta-se com um valor estimado da ordem de US\$ 317,42/hectare/ano.

O ganho ecológico proporcionado no local, com o incremento na vazão de água, que, embora não verificado quantitativamente, foi registrado pelo

Tabela 2 Custos de Reposição (MCR).

Custos de Reposição (MCR)	Custo Total Acumulado
Custo Total da Recuperação das Áreas de Preservação Permanente, áreas de reserva legal e implantação do SAF – CTRAPP	US\$ 64.011,16
Custo de Reposição do Solo – CRS	US\$ 901,87
Custo de Terraceamento do Solo – CTS	US\$ 839,38
Custo de Manutenção – CM	US\$ 33.178,76
Custo Total de Reposição da Área – CTRA	US\$ 98.931,17

histórico da implantação dos SAFs. Porém, ficou evidenciado, ao menos sob o aspecto financeiro, que as receitas dos SAFs não fizeram frente aos custos de sua implantação e consolidação. É importante destacar que o parâmetro para a produção de água é o custo médio por hectare/ano, medida utilizada em programas de PSA Água, como o Manancial Vivo, entre outros (Secretaria Municipal do Meio Ambiente e Gestão Urbana [SEMADUR], 2018).

A Figura 1 demonstra de modo comparativo algumas remunerações de programas de PSA Água listados pela ANA, com o VPA encontrado nesta pesquisa.

No Brasil, os programas de PSA Água são iniciativas públicas e privadas em prol do aporte financeiro a produtores de SAs. A Figura 1 elencou alguns dos programas supervisionados pela ANA.

Como demonstra a Figura 1, a maior remuneração listada é a do PNSF, que remunera 60 produtores de Canindé de São Francisco/SE, com US\$ 369,13 por hectare ao ano, que auxiliam no abastecimento de água para uma população de 650,106 habitantes (ANA, 2020). O segundo maior valor, se aplicado, seria o do VPA proposto nesta pesquisa, e o terceiro maior valor foi o pago pelo PAJL, com valores na casa de US\$ 170,94.

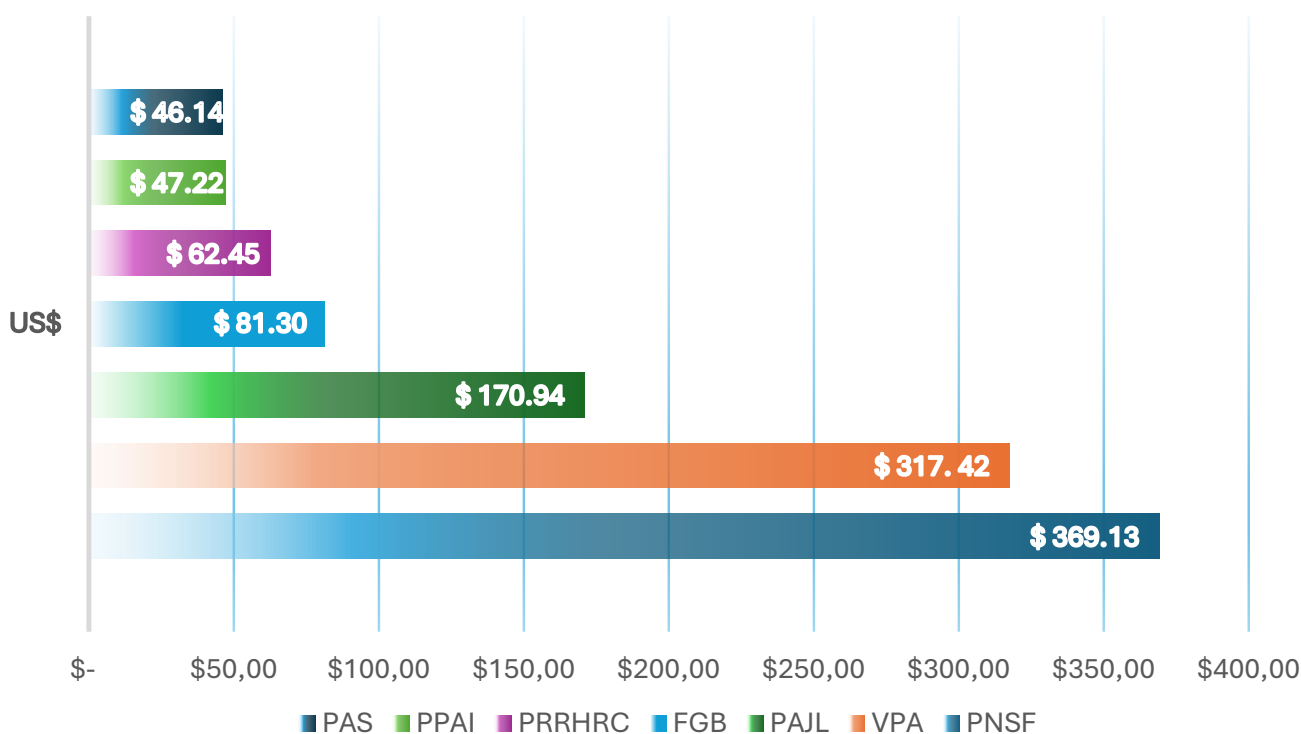
Por outro lado, as menores remunerações foram pagas pelo PAS, PPAI e PRRHRC, remunerando US\$ 46,14, US\$ 47,22 e US\$ 62,45, respectivamente.

Em comum, todos esses *proxys* de valor para produção de água esbarram

Figura 1

Comparativo VPA com PSA Água (Programa Produtor de Água).

LEGENDA: PAS – Produtor de Água Salesópolis; PPAI – Produtor de Água do Município de Igarapé/MG; PRRHRC – Preservação e Recuperação dos Recursos Hídricos do Rio Capivari; FGB – Fundação Grupo Boticário; PAJL – Produtor de Água João Leite/GO; VPA – Valor da Produção de Água; PNSF – Projeto Nascentes do São Francisco.



nas limitações métricas oriundas da quantificação exata dessa produção, visto que essa análise deveria calcular, além da vazão fluviométrica, o abastecimento dos lençóis freáticos e até a produção de água via orvalho (Vilar, 2009). Todavia, ao associar essa valoração à adoção de sistemas conservacionistas, como os SAFs Biodiversos, salientam-se os verdadeiros dispêndios financeiros para se produzir *commodities*, preservar e melhorar os SEs, como a produção de água.

No estudo de caso proposto neste trabalho, os valores do RTSAF e do VPA se coadunam e indicam a viabilidade monetária da prestação de SAs. A Tabela 3 demonstra esses valores.

4.5. Resultados do índice de valoração da produção de água (IVPA)

O espectro do VPA pode ser ampliado e, com isso, melhorar a análise e consequentemente a tomada de decisão. Assim, tem-se a proposta do Índice de Valoração da Produção de Água (IVPA), que visa cruzar os dois métodos estudados, MCO e MCR, e propiciar uma análise holística que amplie a equidade do PSA Água, aplicando-o a realidades atreladas ao mercado local e suas forças, tendo como parâmetro financeiro o VPA.

O IVPA propõe comparar o CTRA, categorizado nesta pesquisa como despesa financeira, com as opções elencadas ao MCO, nesta pesquisa ponderadas como perspectiva de receita.

Mediante índice percentual encontrado pela equação citada no item 3.5, abrem-se dois cenários, IVPA negativo ou positivo. Se o IVPA for positivo, o PSA é menos atrativo ao engajamento, dada a sua viabilidade; do contrário, o PSA faria frente aos custos e ao produtor, caso opte pela prestação do serviço com adoção dos SAFs, ao aplicar os cálculos e esboçar os comparativos com as cinco opções do MCO, como demonstra a Tabela 4.

A Tabela 4 apresenta os cinco cálculos, seus percentuais e o valor monetário do comparativo. O primeiro comparativo projeta a situação financeira do produtor não remunerado por um PSA baseado apenas no RP. Nesse cenário, os custos para se produzir água gerariam prejuízo de -45,47%, que representaria linearmente um déficit financeiro de -US\$ 149,95/hectare/ano.

No segundo comparativo é apresentado o pior resultado: se a remuneração fosse medida apenas pelo RPM, o prejuízo seria de -53,77% no acumulado, e em hectares/ano o valor seria de -US\$ 177,33.

Já na comparação com o RPS, o IVPA também é negativo: o percentual

Tabela 3 Valores obtidos pelo RTSAF e VPA.

Valores obtidos pelo RTSAF e VPA	Valor anual para área	Valor anual por hectare
RTSAF	US\$ 370,55	US\$ 12,35
VPA	US\$ 9.522,57	US\$ 317,42

Tabela 4 Análise do Índice de Valoração da Produção de Água (IVPA).

Comparações IVPA	Percentual	Valor hectare/ano
(CTRA = RP)	(-45,47%)	(-US\$ 149,95)
(CTRA = RPM)	(-53,77%)	(-US\$ 177,33)
(CTRA = RPS)	(-33,62%)	(-US\$ 110,87)
(CTRA = RPG)	12,60%	US\$ 41,56
(CTRA = RAS)	(-53,01%)	(-US\$ 174,81)

chegou a -33,62% e o prejuízo financeiro acumulado seria de -US\$ 110,87/hectare/ano.

O quarto comparativo avaliou o RPG, em que o IVPA foi positivo, tendo um superávit de 12,60% e resultado financeiro de US\$ 41,56 por hectare ao ano – o melhor resultado entre os analisados e o modelo produtivo amplamente adotado na região estudada. Isso demonstra um desafio local, pois torna a adoção de um PSA pouco atrativa.

O último comparativo analisou o RAS e novamente o índice foi negativo, desta vez em -53,01%, com prejuízo ao produtor de -US\$ 174,81/hectare/ano.

Os valores encontrados são referenciais e aplicáveis à região do estudo de caso, mas abrem discussões para a necessidade de estudos que reflitam a realidade do local. Ainda, demonstram que o valor do serviço que a natureza realiza não é computado/contabilizado na planilha de produção de custos agrícolas, e quando isso é feito – o que é o correto –, demonstra o lucro real que se tem, desmitificando a teoria marxista de exclusão da natureza nas ciências econômicas e ratificando o apelo para o novo olhar centrado nas proposições de um novo modelo econômico, em que pese a internalização do valor das externalidades ecossistêmicas.

Apesar de tentadora, a padronização e replicação de valores para PSA Água repercutiram no desempenho, engajamento e continuidade dos programas e dos SAs prestados. Esta pesquisa constatou que, ao se aplicar a metodologia proposta, é possível valorar a produção de água de modo que sua remuneração não seja desconexa à realidade.

Também ficou constatado que independentemente da região ou do bioma, as remunerações para os SAs prestados serão mais atrativas e eficientes quando o CO e o CR forem dimensionados na região do estudo. No caso da região estudada, ficou evidenciado que o RPG é muito atrativo, dada as características da cadeia agrícola local, com base no Mapa de Solos da região estudada (Amaral et al., 2000; Lombardi, 2013).

É importante destacar que a associação do VPA com o IVPA tem por mérito propiciar uma análise mais eficaz, mesmo com as limitações citadas no decorrer da pesquisa. Também vale frisar que o RTSAF entrou nos cálculos por ser uma fonte de dados possível, o que não impede sua modificação ou retirada, sem prejuízo ao cálculo do IVPA.

5. Considerações finais

Esta pesquisa pôde concluir que os valores obtidos na aplicação do MCR e do com podem se adaptar a realidades distintas a desta pesquisa. No caso estudado, o manejo conservacionista impactou os cálculos do MCR, contudo, o método permitiu a valoração monetária do SE de produção de água. Já o MCO elencou aspectos diferentes e suas comparações qualitativas e quantitativas, e auxiliou na valoração monetária da produção de água.

O cálculo do CTRA revelou os reais custos na implantação e manutenção dos SAFs Biodiversos, e a necessidade de receitas que façam frente a esses custos, como os PSAs. Foi constatado que o VPA é capaz de retratar a realidade da área estudada e que nesta o valor seria o segundo maior entre os programas de PSA Água vigentes no Brasil.

Também pôde-se concluir que o IVPA permite comparativos eficientes e, em caso de seu índice ser negativo, a adoção dos SAFs associados a um PSA que oferte os valores do VPA. Além disso, no caso estudado, o índice IVPA para o RPM foi o pior resultado, o que mostra que, com o VPA proposto, um PSA baseado neste é atrativo para a região estudada, oposto ao índice IVPA para o RPG, em um contexto de safras lucrativas.

Ficou evidente que a remuneração de PSA Água deve ser regionalizada de forma a permitir um maior engajamento dos produtores de SAs. Ademais, a valoração monetária permite maior conexão da remuneração do PSA à realidade do mercado local.

Dentre as limitações encontradas, cabe esclarecer que a vazão pluviométrica não foi elencada, dentre outros aspectos, por não haver histórico dela antes da implantação dos SAFs; e que os riscos inerentes a cada alternativa produtiva não foram considerados nesta análise, embora o MVPA tenha possibilitado tais simulações.

Como sugestão aos programas de PSA Água, o VPA pode ser desdobrado em duas etapas, implantação e manutenção, visto que a primeira é mais onerosa ao produtor. Se isso não for possível, políticas de bonificação podem ajudar.

Por fim, visando corroborar o fortalecimento dos PSAs Água, esta pesquisa abre espaço a novas discussões, ao provocar a academia e a sociedade na construção de políticas que ampliem práticas conservacionistas, melhorem a infraestrutura natural e permitam maior segurança hídrica a todos.

Referências

- Amaral, J. A. M. do, Mothci, E. P., Oliveira, H. de, Carvalho Filho, A. de, Naime, U. J., Santos, R. D. dos. (2000). *Levantamento semidetalhado dos solos do Campo Experimental de Dourados, da Embrapa Agropecuária Oeste, Município de Dourados, MS. Embrapa Agropecuária Oeste.* <https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/infoteca/handle/doc/243690>
- Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico. (2021). *Atlas da irrigação.* ANA. https://biblioteca.ana.gov.br/asp/download.asp?codigo=148256&tipo_midia=2&iIndexSrv=1&iUsuario=0&obra=88090&tipo=1&iBanner=0&iIdioma=0

- Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico. (2023). *Conjuntura dos recursos hídricos no Brasil 2023: Informe anual*. ANA. <https://www.snirh.gov.br/portal/centrais-de-conteudos/conjuntura-dos-recursos-hidricos>
- Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico. (2020). *Polos nacionais de agricultura irrigada: Mapeamento de áreas irrigadas com imagens de satélite*. ANA. http://biblioteca.ana.gov.br/asp/download.asp?codigo=140874&tipo_midia=2&iIndexSrv=1&iUsuario=0&obra=82402&tipo=1&iBanner=0&iIdioma=0
- Beuren, I. M. (1993). Conceituação e contabilização do custo de oportunidade. *Caderno de Estudos*, (8), 1–12. <https://doi.org/10.1590/S1413-92511993000100003>
- Bezerra, G. J. (2020). *Valoração monetária das externalidades negativas e degradação de bens e serviços ambientais na cultura do arroz irrigado* (Tese de doutorado, Universidade Federal do Rio Grande do Sul).
- Caetano, P. P., Melo, M. G. de S., & Braga, C. F. C. (2016). Pagamento por serviços ambientais (PSA) – análise de conceitos e marco regulatório. *Revista Principia*, (31), 115–127. <https://doi.org/10.18265/1517-03062015v1n31p113-125>
- Centro de Estudos Avançados em Economia Aplicada. (2021). *PIB do agronegócio brasileiro*. CEPEA. <https://www.cepea.esalq.usp.br/br/pib-do-agronegociobrasileiro.aspx>
- Chiodi, R. E., & Marques, P. E. M. (2018). Políticas públicas de pagamento por serviços ambientais para a conservação dos recursos hídricos: Origens, atores, interesses e resultados da ação institucional. *Desenvolvimento e Meio Ambiente*, (45), 81–104. <https://doi.org/10.5380/dma.v45i0.48757>
- Chodorow-Reich, G., & Karabarbounis, L. (2016). The cyclicity of the opportunity cost of employment. *Journal of Political Economy*, 124(6), 1563–1618. <https://doi.org/10.1086/688876>
- Confederação da Agricultura e Pecuária do Brasil. (2021). *Custos de produção*. CNA. <https://www.cnabrazil.org.br/publicacoes/apesar-da-valorizacao-do-boi-gordo-os-custos-de-producao-na-pecuaria-de-corte-mereceram-destaque-em-2020>
- Companhia Nacional de Abastecimento. (2021). *Custos de produção*. CONAB. <https://www.conab.gov.br/info-agro/custos-de-producao>
- Costa, T. C. e C. da, Matrangolo, W. J. R., Silva, I. H. F. da, Almeida, L. G. de, Araujo, N. G., & Ferraz, L. de C. L. (2018). *Sistema Agroflorestal, uma Estratégia para Recuperação Ambiental*. Embrapa Milho e Sorgo. <https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/infoteca/handle/doc/1100776>
- Costanza, R., D’Arge, R., Groot, R. de, Farber, S., Grasso, M., Hannon, B., Limburg, K., Naeem, S., O’Neill, R. V., Paruelo, J., Raskin, R. G., Sutton, P., & van den Belt, M. (1997). The value of the world’s ecosystem services and natural capital. *Nature*, 387, 253–260. <https://doi.org/10.1038/387253a0>
- Del Vecchio, K., & Barone, S. (2018). Has Morocco’s groundwater policy changed? Lessons from the institutional approach. *Water Alternatives*, 11(3), 638–662. <http://www.water-alternatives.org/index.php/alldoc/articles/vol11/v11issue3/458-a11-3-11/file>
- Desta, H., & Lemma, B. (2017). SWAT based hydrological assessment and characterization of Lake Ziway sub-watersheds, Ethiopia. *Journal of Hydrology: Regional Studies*, 13, 122–137. <https://doi.org/10.1016/j.ejrh.2017.08.002>
- Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. (2017). *Técnicas de sistemas de produção integrados: lavoura, pecuária e floresta (ILPF)*. EMBRAPA. https://bs.sede.embrapa.br/2017/relatorios/pecuariasudeste_2017_ilpf.pdf

- Federação da Agricultura e Pecuária de Mato Grosso do Sul. (2020). *Errata – Resultados da safra – Circular n.º 353/2020: Errata – resultados da safra – soja – 2019/2020*. FAMASUL. <https://portal.sistemafamasul.com.br/sites/default/files/boletimcasapdf/ERRATA%20-%20353%20-%20BOLETIM%20SEMANAL%20CASA%20RURAL%20-%20AGRICULTURA%20-%20CIRCULAR%20353%20-%20PRODUTIVIDADE%20DA%20SOJA%202019-2020.pdf>
- Federação da Agricultura e Pecuária de Mato Grosso do Sul. (2019). *Resultados da 2ª safra – Circular n.º 326/2019: milho 2018/2019 – Produtividade*. FAMASUL. https://portal.sistemafamasul.com.br/sites/default/files/boletimcasapdf/326%20-%20BOLETIM%20SEMANAL%20CASA%20RURAL%20-%20AGRICULTURA%20-%20CIRCULAR%20326_Produtividade%20Milho.pdf
- FGVces. (2019). *Serviços ecossistêmicos relacionados aos negócios: Casos das empresas membro da iniciativa Tendências em Serviços Ecossistêmicos – Ciclo 2018*. FGVces/EAESP-FGV. <https://repositorio.fgv.br/items/74b352e4-7841-4998-96de-aff16bfb6723>
- Garcia, A., Hipel, K., & Obeidi, A. (2017). Water pricing conflict in British Columbia. *Hydrological Research Letters*, 11(4), 194–200. <https://doi.org/10.3178/hrll.11.194>
- Garcia, J. R., & Romeiro, A. (2015). Valoração e cobrança pelo uso da água: Uma abordagem econômico-ecológica. In Tôsto, S. G., Belarmino, L. C., Romeiro, A. R. & C. A. G. Rodrigues (Eds.), *Valoração de serviços ecossistêmicos: Metodologias e estudos de caso* (pp. 71–91). Embrapa. <http://www.alice.cnptia.embrapa.br/alice/handle/doc/1028068>
- Gil, J., Siebold, M., & Berger, T. (2015). Adoption and development of integrated crop–livestock–forestry systems in Mato Grosso, Brazil. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, 199, 394–406. <https://doi.org/10.1016/j.agee.2014.10.008>
- Gonsalves Neto, J. (2020). *Como fazer pastejo rotacionado com capim braquiara*? Portal da Pecuária. <https://portaldapecuaria.com/antigo/pastejo-rotacionado-do-capim-braquiara-para-gado-de-corte-planilhas/>
- Guedes, F. B., & Seehusen, S. E. (Orgs.). (2011). *Pagamentos por serviços ambientais na Mata Atlântica: Lições aprendidas e desafios* (2a ed.). Ministério do Meio Ambiente.
- Jax, K., Furman, E., Saarikoski, H., Barton, D. N., Delbaere, B., Dick, J., Duke, G., Görg, C., Gómez-Baggethun, E., Harrison, P. A., Maes, J., Pérez-Soba, M., Saarela, S.-R., Turkelboom, F., van Dijk, J., & Watt, A. D. (2018). Handling a messy world: Lessons learned when trying to make the ecosystem services concept operational. *Ecosystem Services*, 29(C), 415–427. <https://doi.org/10.1016/j.ecoser.2017.08.001>
- Karandish, F., & Šimůnek, J. (2018). An application of the water footprint assessment to optimize production of crops irrigated with saline water: A scenario assessment with HYDRUS. *Agricultural Water Management*, 208, 67–82. <https://doi.org/10.1016/j.agwat.2018.06.010>
- Katko, T. S. (Ed.). (2017). *Finnish water services: Experiences in global perspective*. Finnish Water Utilities Association. <https://doi.org/10.2166/9781780408743>
- Kooten, G. C. van (2018). The challenge of mitigating climate change through forestry activities: What are the rules of the game? *Ecological Economics*, 146, 35–43. <https://doi.org/10.1016/j.ecolecon.2017.10.002>
- Lei nº 4.504, de 30 de novembro de 1964. (1964, 30 novembro). Dispõe sobre o Estatuto da Terra, e dá outras providências. *Diário Oficial da União*. http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/l4504.htm

- Lei nº 12.651, de 25 de maio de 2012. (2012, 25 maio). Dispõe sobre a proteção da vegetação nativa; altera as Leis nºs 6.938, de 31 de agosto de 1981, 9.393, de 19 de dezembro de 1996, e 11.428, de 22 de dezembro de 2006; revoga as Leis nºs 4.771, de 15 de setembro de 1965, e 7.754, de 14 de abril de 1989, e a Medida Provisória nº 2.166-67, de 24 de agosto de 2001; e dá outras providências. *Presidência da República*. http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_Ato2011-2014/2012/Lei/L12651.htm
- Lei nº 14.119, de 13 de janeiro de 2021. (2021, 14 janeiro). Institui a Política Nacional de Pagamento por Serviços Ambientais; e altera as Leis nºs. 8.212, de 24 de julho de 1991, 8.629, de 25 de fevereiro de 1993, e 6.015, de 31 de dezembro de 1973, para adequá-las à nova política. *Diário Oficial da União*. http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2019-2022/2021/lei/L14119.htm
- Leitão, A. M. (2021). *Pagamento por serviços ambientais: Uma abordagem para serviços de produção de água em sistemas agroflorestais biodiversos* (Dissertação de mestrado, Universidade Federal da Grande Dourados).
- Leitão, A. M., Gimenes, R. M. T., & Padovan, M. P. (2022). Arranjo de sistema agroflorestal biodiverso com viabilidade econômica proposto para a agricultura de base familiar. *Custos e @gronegócio On-line*, 18(Ed. Esp.). <https://www.researchgate.net/publication/366863864>
- Lino, C. F. (2009). *Pagamento de serviços ambientais: Contribuição do Programa Mercado Mata Atlântica*. In *Seminário Paulista de PSA*.
- Lombardi, D. (2013). *Pagamento por serviços ambientais pelo custo de oportunidade da terra utilizando o sistema de informações geográficas* (Dissertação de mestrado, Universidade Federal de Santa Catarina).
- MacDonald, G. K., D'Odorico, P., & Seekell, D. A. (2016). Pathways to sustainable intensification through crop water management. *Environmental Research Letters*, 11(9), 1–5. <https://doi.org/10.1088/1748-9326/11/9/091001>
- Machado, F. H. (2011). *Valoração econômica dos recursos hídricos da bacia hidrográfica do manancial do Ribeirão do Feijão – São Carlos, SP* (Dissertação de mestrado, Universidade Federal de Itajubá).
- Maia, A. G. (2002). *Valoração de recursos ambientais* (Dissertação de mestrado, Universidade Estadual de Campinas).
- Marques, J. F., Pereira, L. C., & Lombardi Neto, F. (2005). Perdas de solo e valoração econômica. *Revista Científica Rural*, 10(1), 48–53. <http://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/124836/1/2005AP-034.pdf>
- Matsuoka, E. H. (2019). *Conservação de água através de pagamento por serviços ambientais: Avaliação de fatores críticos de sucesso dos projetos do Rio Camboriú e das cidades de Extrema e Nova Iorque* (Dissertação de mestrado, Fundação Getúlio Vargas).
- Millennium Ecosystem Assessment. (2005). *Guide to the millennium assessment reports*. <http://www.millenniumassessment.org/en/index.aspx>
- Motta, R. S. (1997). *Manual para valoração econômica de recursos ambientais*. IPEA/MMA/PNUD/CNPq. https://edisciplinas.usp.br/pluginfile.php/8021307/mod_resource/content/1/manual-para-valoracao-economica-de-recursos-ambientais.pdf
- Nascimento, J. S., Padovan, D. S. da S., Alves, J. C., Silva, S. G., Padovan, M. P. (2016). Sistemas agroflorestais biodiversos: Percepções e demandas de agricultores e técnicos em Mato Grosso do Sul. *Cadernos de Agroecologia*, 11(2), 1–12. <https://www.alice.cnptia.embrapa.br/alice/bitstream/doc/1058794/1/Sistemas....pdf>
- Natyzak, J. L., Castner, E. A., D'Odorico, P., & Galloway, J. N. (2017). Virtual water as a metric for institutional sustainability. *Sustainability: The Journal of Record*, 10(4), 237–245. <https://doi.org/10.1089/sus.2017.0004>

- Ndzabandzaba, C., & Hughes, D. A. (2017). Regional water resources assessments using an uncertain modelling approach: The example of Swaziland. *Journal of Hydrology: Regional Studies*, 10, 47–60. <https://doi.org/10.1016/j.ejrh.2017.01.002>
- Odum, H. T., & Odum, E. P. (2000). The energetic basis for valuation of ecosystem services. *Ecosystems*, 3, 21–23. <https://doi.org/10.1007/s100210000005>
- Oliveira, G. A. de, Silva, L. F. da, Nascimento, J. S., Agostinho, P. R., & Padovan, M. P. (2018). Valoração econômica de serviços ambientais em sistemas agroflorestais biodiversos: Um estudo de caso no Assentamento Lagoa Grande, em Dourados-MS. *Cadernos de Agroecologia*, 13(2), 1–10. <https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/190248/1/ID-36784.pdf>
- Ortiz, R. A. (2018). Valoração econômica ambiental. In P. H. May (Org.), *Economia do meio ambiente: Teoria e prática* (pp. 265–288). Elsevier.
- Padovan, M. P., Pereira, Z. V., Nascimento, J. S., Fernandes, S. S. L., & Alves, J. C. (2016). Potencial de sistemas agroflorestais biodiversos em processos de restauração ambiental. *Cadernos de Agroecologia*, 11(2), 1–11. <http://revistas.abaagroecologia.org.br/index.php/cad/article/view/20970>
- Padovan, M. P., Nascimento, J. S., Cariaga, J. A., Pereira, Z. V., & Agostinho, P. R. (2017). Serviços ambientais prestados por sistemas agroflorestais biodiversos na recuperação de áreas degradadas e possibilidades de compensação aos agricultores. In *Cadernos de Agroecologia* (Anais, pp. 252–266). SOBRADE. <https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/165726/1/SINAD-P-252.pdf>
- Paiva, R. F. P. de S., & Coelho, R. C. (2015). O Programa Produtor de Água e Floresta de Rio Claro/RJ enquanto ferramenta de gestão ambiental. *Desenvolvimento e Meio Ambiente*, 33, 51–62. <https://doi.org/10.5380/dma.v33i0.36702>
- Pereira, A. C., Souza, B. F. de, Redaelli, D. R., & Imoniana, J. O. (1990). Custo de oportunidade: Conceitos e contabilização. *Caderno de Estudos*, 2, 1–24. <https://doi.org/10.1590/S1413-92511990000100002>
- Post, R., Hudson, D., Mitchell, D., Bell, P., Perliger, A., & Williams, R. (2016). Rethinking the water-food-climate nexus and conflict: An opportunity cost approach. *Applied Economic Perspectives and Policy*, 38(4), 563–577. <https://doi.org/10.1093/aepp/ppw027>
- Pugliesi, A. C. V., Marinho, M. A., Marques, J. F., & Lucarelli, J. R. F.. (2011). Valoração econômica do efeito da erosão em sistemas de manejo do solo empregando o método custo de reposição. *Solos e nutrição de plantas*, 70(1), 113–121. <https://doi.org/10.1590/S0006-87052011000100017>
- Ribeiro, H., Jaime, P. C., & Ventura, D. (2017). Alimentação e sustentabilidade. *Estudos Avançados*, 31(89), 185–198. <https://doi.org/10.1590/S0103-40142017.31890016>
- Richetti, A., Ferreira, L. E. A. G., & Garcia, R. A. (2018). *Rentabilidade da sucessão soja/milho em Maracaju, MS, na safra 2017/2018*. EMBRAPA. https://portal.sistemafamasul.com.br/sites/default/files/servicos-produtor/COT%20246_Maracaju.pdf
- Salem, G. S. A., Kazama, S., Shahid, S., & Dey, N. C. (2017). Impact of temperature changes on groundwater levels and irrigation costs in a groundwater-dependent agricultural region in Northwest Bangladesh. *Hydrological Research Letters*, 11(1), 85–91. <https://doi.org/10.3178/hrl.11.85>
- Santana, D. P., & Alvarenga, R. C. (2006). *Agricultura e produção de água: O enfoque hidro-agrícola*. EMBRAPA. <https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/59944/1/Agricultura-producao.pdf>
- Secretaria Especial de Produtividade, Emprego e Competitividade. (2020). *Guia prático de análise custo-benefício de projetos de investimento em infraestrutura*. Ministério da Economia. https://portal.crea-sc.org.br/wp-content/uploads/2020/08/guia-acb-infraestrutura_vcp_2.pdf

- Secretaria Municipal do Meio Ambiente e Gestão Urbana. (2018). *Manancial vivo*. SEMADUR. <http://www.campogrande.ms.gov.br/semadur/canais/manancial-vivo/>
- Silva, D. A. (2014). Agroecologia como possibilidade de (re)produção no assentamento rural Sul Bonito em Itaquiraí-MS. *Cadernos de Agroecologia*, 9(4). <https://revista.aba-agroecologia.org.br/cad/article/view/16416>
- Smith, A. (1983). *A riqueza das nações* (Vol. 2). Fundação Calouste Gulbenkian.
- Spash, C. L. (2007). Deliberative monetary valuation (DMV): Issues in combining economic and political processes to value environmental change. *Ecological Economics*, 63(4), 690–699. <https://doi.org/10.1016/j.ecolecon.2007.02.014>
- Universidade de São Paulo. (1992). *Declaração universal dos direitos da água*. Biblioteca Virtual de Direitos Humanos. https://cecol.fsp.usp.br/dcms/uploads/arquivos/1483371864_UNU-Declara%C3%A7%C3%A3o%20Universal%20dos%20Direitos%20da%20%C3%81gua.pdf
- Vergara, F. E., Sousa, R. A. M. de, & Andrade, R. da S. (2014). Aplicação do método do custo de reposição (MCR) para valoração do meio ambiente: O caso do Parque Cesamar, Palmas-TO. *Revista Monografias Ambientais*, 13(5), 4063–4076. <https://doi.org/10.5902/2236130815180>
- Viana, S. M., Tosetti, L. L., Rollo, L. C. P., & Silva Filho, D. F. da. (2012). Valoração monetária: Pesquisas em floresta urbana. *Revista da Sociedade Brasileira de Arborização Urbana*, 7(1), 76–88. <https://doi.org/10.5380/revsbau.v7i1.66606>
- Vilar, M. B. (2009). *Valoração econômica de serviços ambientais em propriedades rurais* (Dissertação de mestrado, Universidade Federal de Viçosa).
- Wunder, S. (2015). Revisiting the concept of payments for environmental services. *Ecological Economics*, 117, 234–243. <https://doi.org/10.1016/j.ecolecon.2014.08.016>