



UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO  
INSTITUTO DE BIOSCIÊNCIAS  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ECOLOGIA

FRANCISCO D'ALBERTAS GOMES DE CARVALHO

**Caminhos para a intensificação ecológica através da restauração e da  
certificação agrícola**

Paths for an ecological intensification of agriculture through restoration and  
agriculture certification

São Paulo

2022

FRANCISCO D'ALBERTAS GOMES DE CARVALHO

**Caminhos para a intensificação ecológica através da restauração e da  
certificação agrícola**

Paths for an ecological intensification of agriculture through restoration and  
agriculture certification

tese submetida ao Programa de Pós-Graduação  
em Ecologia da Universidade de São Paulo para a ob-  
tenção do título de Doutor em Ecologia.  
Orientador: Jean Paul Meztger

São Paulo

2022

# Ficha Catalográfica

---

Ficha catalográfica elaborada pelo Serviço de Biblioteca do Instituto de Biociências da USP, com os dados fornecidos pelo (a) autor (a) no formulário:  
'<https://biblioteca.ib.usp.br/ficha-catalografica/src/ficha.php>'

d'Albertas Gomes de Carvalho, Francisco  
Caminhos para a intensificação ecológica através  
da restauração e da certificação agrícola / Francisco  
d'Albertas Gomes de Carvalho ; orientador Jean Paul  
Meztger -- São Paulo, 2022.  
201 p.

Tese (Doutorado) -- Instituto de Biociências da  
Universidade de São Paulo. Programa de Pós-Graduação  
em Ecologia.

1. Agricultura sustentável. 2. Política  
ambiental. 3. Governança. 4. Restauração ecológica. 5.  
Certificação agrícola. I. Meztger, Jean Paul, orient.  
II. Título.

Bibliotecária responsável pela  
catalogação: Elisabete da Cruz Neves -  
CRB - 8/6228

## Comissão Julgadora:

---

Prof(a). Dr(a).

---

Prof(a). Dr(a).

---

Prof(a). Dr(a).

---

Prof(a). Dr(a).

---

Prof. Dr. Jean Paul Walter Metzger  
Orientador(a)

para Julia, pela paciência

## AGRADECIMENTOS

Gostaria de agradecer em primeiro lugar ao Jean, meu orientador. Apreendi muito – e espero continuar aprendendo – nos últimos oito anos (!) em que trabalhamos juntos.

Agradeço também ao lugar que foi minha casa nesses anos, o LEPaC, e a todos os membros atuais e passados desse laboratório incrível. Foi realmente inspirador conviver com tantas pessoas talentosas e dedicadas em fazer ciência. Nele, além de me formar como pesquisador, fiz amigos que carrego pra toda vida. Não me arrisco a esgotar nomes, afinal, o LEPaC é uma casa bem grande. Mas deixo aqui registrado quem me acompanhou ao longo do doutorado: Isa, Ju, Mila, Clarice, Carito, Pat, Doug, Artur, Adrian, Karla, Naty, Vitor, Duda, Mari, Ma Fê (se esqueci de alguém, me desculpem). As trocas acadêmicas e pessoais, impossíveis de serem separadas, com certeza me fizeram um Ecólogo melhor. Obrigado também ao Wellington por todo o suporte.

Não menos importante, especialmente em tempos tão sombrios, o meu trabalho só foi possível graças ao financiamento que me foi concedido pela CAPES (O presente trabalho foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – Brasil (CAPES) – Código de Financiamento 001) e pela FAPESP (2018/22881-2). Espero estar à altura do voto de confiança que me foi dado, e que a minha pesquisa seja um pequeno tijolo na construção de um futuro possível.

Tive o privilégio — mais um — de visitar a Universidade de Cambridge, no Reino Unido, durante 12 meses. Foram meses muito ricos e de muito trabalho. Fui muito bem recebido e queria registrar aqui minha gratidão ao Andrew Balmford, meu supervisor e ao Charles, Gianluca e Fernando, que fizeram com que eu me sentisse em casa.

Obrigado também ao Departamento de Ecologia da USP. Sinto um orgulho danado de ter feito parte desse lugar. Por trás dele estão pessoas incríveis como a Vera e a Shirlene, espinhas dorsais do programa. Além, é claro, dos discentes, que se tornam amigos, companhias de cafés, conversas, viagens e planos.

O doutorado é um processo cheio de rituais. Um deles é a formação de um comitê de acompanhamento, para nos socorrer de vez em quando. Agradeço ao Gerd Sparovek e ao Luis Fernando Guedes Pinto por toparem ser parte dele. Outro é a banca de qualificação. Obrigado à Rozely Ferreira, Carla Morsello e ao Paulo Guilherme Mollin pelas contribuições.

Ao longo do meu treinamento como pesquisador eu aprendi que uma introdução deve ser estruturada como uma pirâmide invertida; começa-se com as teorias e fatos mais gerais, e vai-se afunilando até se chegar ao problema a ser atacado. Aqui eu fiz o processo inverso. Estou chegando então à base da pirâmide imaginária que me constitui.

Obrigado a minha família, por me proporcionar tantas vivências. E pelo apoio incondicional em (não) fazer escolhas que culminaram em quem eu sou. Obrigado ao meu pai, Gilberto, a minha mãe, Christina e a minha irmã, Manuela.

Recentemente li um agradecimento que dizia mais ou menos assim (tradução minha): “agradeço ao meu amor, sem a qual eu teria terminado esse livro muito mais rápido.” Acho que em um primeiro momento, a frase pode soar ofensiva, mas em seguida, penso que o real sentido é reconhecer nossas prioridades na vida. Agradeço imensamente a Julia, minha companheira. Que na realidade nunca fez meu trabalho ir mais devagar. Ao contrário, sempre me apoiou e incentivou. Mas que também me lembra de que isso, o doutorado, a pesquisa, é apenas uma parte bem pequenininha de mim, de nós. Amo você Juquinha.

*“Talvez tenha chegado a hora de superar a esperança.[. . .]Talvez tenha chegado o momento de compreender que, diante de tal conjuntura, é preciso fazer o muito mais difícil: criar/lutar mesmos sem esperança. O que vai costurar os rasgos do Brasil não é a esperança, mas a nossa capacidade de enfrentar os conflitos mesmo quando sabemos que vamos perder.”*

*(Eliane Brum, Banzeiro Òkòtó)*

## RESUMO

A expansão e a intensificação agrícola estão entre as principais ameaças à biodiversidade e a provisão de serviços ecossistêmicos. Neste contexto, a conservação e restauração de áreas naturais dentro de propriedades rurais são medidas de mitigação. Formas alternativas de manejo agrícola também podem ser adotadas para uma produção mais sustentável, como as certificações. Essa tese visa contribuir no entendimento de caminhos para uma agricultura mais sustentável, seja através de um planejamento adequado de ações de conservação e restauração dentro de fazendas, visando atendimento à legislação ambiental, ou pela avaliação rigorosa da efetividade de ações de certificação para a conservação. No capítulo 1, buscamos compreender quais os principais fatores associados à alocação de reservas de vegetação em propriedades rurais numa região cafeeira do Brasil. A legislação exige dos proprietários 20-80% da área de suas propriedades mantida com vegetação natural, a Reserva Legal. Caso não possuam essa área vegetada, os proprietários devem restaurar ou compensar uma área equivalente fora da propriedade. Além disso, áreas sensíveis, como topos de morro e matas ripárias, denominadas áreas de preservação permanente (APP), devem ser restauradas e conservadas. Cabe aos proprietários definir o arranjo espacial das Reservas Legais, decisões estas que afetam a capacidade das reservas em manter a biodiversidade e prover serviços ecossistêmicos. Utilizando dados de mais de 3.600 propriedades, encontramos que as decisões de alocação de Reserva Legal são tomadas de modo a maximizar os ganhos com a propriedade e reduzir custos com restauração. Esse padrão é similar ao encontrado para áreas protegidas públicas, localizadas em regiões economicamente marginais. Estas áreas não necessariamente têm o maior potencial para proteção da biodiversidade e provisão de serviços ecossistêmicos, sugerindo que intervenções de governança podem ser necessárias para maximizar os benefícios da alocação de Reservas Legais. Nesse sentido, no capítulo 2, para dar suporte à tomada de decisões pelos proprietários, fizemos uma análise detalhada de custo-benefício de restaurar áreas agrícolas. Os benefícios foram estimados considerando a geração de créditos de carbono e o incremento na produtividade agrícola com a restauração por meio do aumento na provisão de serviços como polinização, controle natural de pragas e regulação climática. Focando em um "hotspot" global de restauração, a Mata Atlântica, desenvolvemos cenários futuros em fazendas de café para compreender em que situações os custos poderiam ser balanceados pelos benefícios. Nossos resultados sugerem que os custos podem ser compensados pelo aumento de produtividade quando as propriedades já têm 10% de vegetação nativa e a área final de vegetação se limita a 25% do total da propriedade. Além disso, verificamos que os valores atuais de carbono não são suficientes para compensar os custos líquidos para metas de restauração ambiciosas. Identificar situações que conciliam paisagens biodiversas, mitigação climática



e produção agrícola tem amplas implicações para o manejo agrícola e para que a restauração ecológica de paisagens agrícolas ganhe escala. Finalmente, no capítulo 3, investigamos se a certificação agrícola tem efeitos na melhoria das condições de conservação ambiental. Apesar do crescimento das áreas certificadas, estabelecer uma relação direta entre a certificação e benefícios ambientais ainda é uma questão em aberto. Utilizamos o banco de dados de uma das principais certificadoras de café do Brasil e realizamos uma análise robusta dos impactos da certificação para a redução do desmatamento, aumento da regeneração e para o cumprimento da legislação ambiental. Não encontramos um efeito direto da certificação sobre o desmatamento e a regeneração de vegetação nativa, nem para a quantidade de Reserva Legal alocada nas propriedades. Entretanto, propriedades certificadas estão recuperando mais suas áreas de APP, o que indica uma sinergia entre ferramentas não-governamentais e o cumprimento da lei. Benefícios ainda maiores poderiam ser atingidos em locais com governança mais fraca, como fronteiras agrícolas ou países de baixa renda. Além disso, há espaço para expandir os benefícios mesmo em áreas consolidadas, usando a certificação como uma ferramenta facilitadora da adoção da legislação ambiental de modo mais amplo, como no caso do incentivo à alocação de Reservas Legais dentro das propriedades, em detrimento aos mecanismos de compensação. Os resultados contribuem para o ainda limitado número de estudos focando na efetividade da certificação para a conservação. Em conclusão, essa tese contribui para a melhor compreensão da adoção da legislação ambiental por proprietários rurais, quantificando os custos e benefícios envolvidos, assim como identificando sinergias para o cumprimento da lei através de ferramentas complementares às medidas de comando-e-controle, como é o caso da certificação.

**Palavras-chave:** Agricultura sustentável. Política ambiental. Governança. Serviços ecossistêmicos. Restauração ecológica. Certificação agrícola.

## ABSTRACT

The expansion and intensification of agriculture are among the main threats to biodiversity and ecosystem services provision. Conservation and restoration of natural habitats within rural properties are important mitigation strategies. Complementary, alternative agricultural management practices might also be adopted for more sustainable production, such as agricultural certification schemes. In that context, this dissertation aims to contribute to the understanding of more sustainable agricultural paths using: adequate planning of conservation and restoration actions within private properties, using the context of the environmental legislation requirements in Brazil; and by a rigorous evaluation of the effectiveness of certification schemes for conservation. In chapter 1, we tried to understand the main drivers associated with the allocation of native vegetation allocation inside rural properties within a traditional coffee production area in southern Brazil. The legislation demands landowners 20-80% of their property set aside for vegetation, which are denominated Legal Reserves. In cases where there is not enough vegetation, they must restore it or compensate an equivalent area outside the property. Besides, sensitive areas such as mountain tops and riparian areas are denominated areas of permanent protection (APP) and must be restored and conserved. It's the landowner's responsibility to define the location and the spatial arrangement of the Legal Reserves, affecting their capacity to maintain biodiversity and provide ecosystem services. Using data from over 3,600 properties, we found that decisions concerning Legal Reserve allocation are taken to maximize property income and reduce restoration costs. This pattern is similar to public protected areas, which are disproportionately located in areas of low economic interest. Those areas do not necessarily have the higher potential for biodiversity conservation and provision of ecosystem services, suggesting that specific governance interventions might be necessary to maximize Legal Reserve allocation benefits. In this regard, in chapter 2, to provide information supporting better decision-making by landowners, we performed a detailed analysis on agricultural restoration costs and also derived benefits, such as a yield increase mediated by ecosystem services provision (e.g. pollination, pest control, climate regulation). Focusing on a global restoration hotspot, the Atlantic Forest, we have developed a set of future restoration scenarios for coffee farms to understand in which situations the costs could be balanced by productivity gains and by generating carbon credits. Our results suggest that the costs might be offset when farms already have >10% forest cover and restoration targets are below 25% forest cover. Besides, current CO<sub>2</sub> prices are insufficient in offsetting net costs for higher restoration targets. The identification of balanced financial conditions that create landscapes suitable for biodiversity conservation, climate mitigation, and agricultural production, has broader implications and is strategic to scale up restoration. Finally, in chapter 3, we investigated whether agricultural

certification had quantifiable effects for conservation, assuming that certification schemes might act as an additional tool in parallel with the legislation. Despite the expanding areas under certification, establishing a direct relationship between the certification and environmental benefits are still an open question. We have used the database from one of the main coffee certifiers in Brazil and performed a robust analysis about certification impacts on reducing deforestation, increasing vegetation regeneration, and compliance with the environmental law regarding Legal Reserves and APPs. We did not find a direct effect on deforestation and regeneration, nor the allocation of Legal Reserves within properties. However, certified properties are recovering more of their APP, which suggests a synergy between non-governmental tools and law enforcement. Disproportional benefits could be achieved in places with weaker governance, such as agricultural frontiers and low-income countries. Besides, there is still space to expand the benefits even in consolidated areas, using the certification as a facilitating tool for the adopting of the legislation, for example, incentivizing the allocation of Legal Reserves within property instead of compensating it. The results contribute to the still limited number of studies focusing on certification effectiveness for conservation. In conclusion, this dissertation contributes to a better understanding of the adoption of the environmental legislation by landowners, the costs and benefits involved, and also on the effectiveness of alternatives to command-and-control tools to promote agricultural sustainability, such as certification schemes.

**Keywords:** Sustainable agriculture. Environmental Policy. Governance. Ecosystem services. Ecological restoration. Agricultural certification.

## SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO . . . . .	12
2	CONCLUSÃO . . . . .	19
	REFERÊNCIAS . . . . .	23

## 1 INTRODUÇÃO

A expansão e a intensificação da agricultura promovidas pela revolução verde permitiram dobrar a produtividade agrícola (TILMAN, David, 1999), por meio da adoção de monoculturas em larga escala e do uso de insumos externos (TILMAN, D., 2001), como fertilizantes e agroquímicos. Porém, essas mudanças não ocorreram sem produzir uma série de impactos negativos, como a conversão de habitats naturais em áreas cultivadas e a redução da heterogeneidade das paisagens agrícolas (TSCHARNTKE; KLEIN *et al.*, 2005) e a intensificação do efeito estufa (PACHAURI; IPCC, 2008). A perda de habitats (TILMAN *et al.*, 2017) e as mudanças climáticas (FODEN *et al.*, 2013) são uma ameaça global à biodiversidade (CARDINALE *et al.*, 2012; DÍAZ *et al.*, 2019). Não por acaso, projeta-se que a agricultura seja responsável por grande parte da perda de biodiversidade terrestre no (PILLING; BÉLANGER; HOFFMANN, 2020)

Esta situação cria um paradoxo uma vez que o impacto da agricultura convencional sobre os ecossistemas compromete a própria agricultura e a manutenção de serviços ecossistêmicos vitais ao bem-estar humano (FOLEY, 2005; (PROGRAM), 2005). De fato, mesmo cultivos manejados de forma intensiva também dependem, em maior ou menor grau, de serviços de regulação e provisão (BOMMARCO; KLEIJN; POTTS, 2013). Por exemplo, estima-se que os serviços de controle natural de pragas e polinização providos por áreas naturais (DAINESE *et al.*, 2019; TAMBURINI *et al.*, 2020) tenham uma contribuição entre 10-1500 dólares por hectare globalmente (PIMENTEL *et al.*, 1997; LAUTENBACH *et al.*, 2012; NARANJO; ELLSWORTH; FRISVOLD, 2015). Entretanto, esses serviços são prejudicados pela intensificação agrícola (GEIGER *et al.*, 2010).

A situação atual poderá se agravar ainda mais, pois a demanda por produtos agrícolas deve crescer intensamente nas próximas décadas para abastecer uma população crescente (GODFRAY *et al.*, 2010). Um dos grandes desafios da humanidade será aumentar a produtividade da agricultura, reduzindo as externalidades negativas (FOLEY, 2005). É improvável que este objetivo seja alcançado com uma expansão da fronteira agrícola ou exclusivamente por meio da agricultura convencional (GODFRAY *et al.*, 2010). Portanto, é vital que a agricultura se torne mais sustentável por meio de um processo de intensificação ecológica, baseada

no manejo e favorecimento dos organismos provedores de serviços ecossistêmicos que contribuem para uma maior produtividade (BOMMARCO; KLEIJN; POTTS, 2013).

A intensificação ecológica depende da manutenção de áreas de vegetação nativa em propriedades privadas, pois são elas que provêm serviços de regulação (e.g. de polinização e controle de pragas) que impactam diretamente a produção agrícola. No entanto, pouco se sabe sobre qual a quantidade mínima de vegetação nativa e qual a distribuição espacial ótima que essa vegetação precisa ter para prover adequadamente esses serviços. Pensando em proteção da biodiversidade, áreas de conservação em propriedades privadas têm que ser complementares às unidades de conservação públicas (CORTÉS CAPANO *et al.*, 2019; DRESCHER; BRENNER, 2018). Estas têm um forte viés de localização em regiões de baixa aptidão agrícola, em geral áreas elevadas, declivosas, pouco férteis e com baixa densidade populacional (VENTER *et al.*, 2018; WATSON *et al.*, 2014). As áreas protegidas em propriedades privadas podem compensar esse viés, além de contribuir para o aumento da produtividade pelo aumento da provisão de serviços ecossistêmicos (DAINESE *et al.*, 2019).

De modo complementar, ações de restauração de áreas naturais ou seminaturais em áreas agrícolas podem ser usadas como uma forma de intensificação ecológica. A restauração ecológica pode reduzir o risco de extinção de espécies [Leclère *et al.* (2020); strassburg\_global\_2020-1] e contribuir com o bem-estar humano, aumentando a resiliência de serviços ecossistêmicos vitais (e.g. ARONSON; ALEXANDER, 2013; REY BENAYAS; BULLOCK, 2012; SHIMAMOTO *et al.*, 2018) e incrementando a produtividade agrícola (BULLOCK; PYWELL; WALKER, 2007; WADE; GURR; WRATTEN, 2008). De fato, é possível haver um aumento na produtividade através de um adequado arranjo espacial de áreas restauradas, que favoreça polinizadores e animais que se alimentam das pragas agrícolas (BOESING; NICHOLS; METZGER, 2017; GARIBALDI; STEFFAN-DEWENTER *et al.*, 2011). Os benefícios podem ser substanciais, como é o caso da produção de café. Diversos estudos têm demonstrado a importância da cobertura de vegetação na paisagem e da proximidade das plantações com áreas naturais na modulação do fluxo de organismos provedores de serviços, os quais podem aumentar a produtividade entre 10 – 30% (e.g. ARISTIZÁBAL; METZGER, 2019; GONZÁLEZ-CHAVES

*et al.*, 2020; MOREAUX *et al.*, 2022). Além disso, florestas tropicais restauradas tem o potencial de retirar em média 3,05 toneladas de carbono  $ha^{-1} ano^{-1}$  da atmosfera nos primeiros 20 anos (POORTER *et al.*, 2016). Esse é um serviço ecossistêmico de regulação climática crítico, que pode ser comercializado em mercados de crédito de carbono.

Felizmente, a restauração ecológica foi incluída em compromissos globais, como é o caso das metas de Aichi e do desafio de Bonn, em que diversos países, entre eles o Brasil, se comprometem a restaurar milhões de hectares de áreas degradadas (CHAZDON *et al.*, 2017). O ano de 2021 marcou o início da década da restauração da Organização das Nações Unidas, em que se espera que essas metas sejam cumpridas. Nesse sentido, uma série de políticas para conservação e restauração em propriedades privadas foi criada, de modo voluntário ou obrigatório (GARIBALDI; PÉREZ-MÉNDEZ *et al.*, 2019). O Brasil, em particular, possui a Lei de Proteção da Vegetação Nativa (lei 12.651 de 2012). O cumprimento dessa lei, que dispõe sobre a conservação e restauração da vegetação nativa no Brasil – popularmente conhecida como Novo Código Florestal – implicará em uma das maiores ações de restauração em propriedades privadas no mundo, com cerca de 21 milhões de hectares de passivo ambiental a serem restaurados ou compensados (SOARES-FILHO *et al.*, 2014). Nesse contexto, o Brasil assumiu o compromisso de restaurar 12,5 milhões de ha como parte do Plano Nacional de Recuperação da Vegetação Nativa (PLANAVEG).

A lei exige a toda propriedade rural uma área mínima de vegetação nativa que varia de 20 a 80%, a depender do bioma e da região. Esta área representa a soma de áreas de preservação permanente (**APP**), cuja localização é prevista na lei (e.g. entorno de corpos d'água e áreas declivosas), e da Reserva Legal (**RL**), cuja localização é definida pelo proprietário. Os produtores de médio e grande porte que não tinham RL suficiente em Julho de 2008, ou aqueles que suprimiram essa vegetação após essa data, têm um passivo ambiental e a obrigação legal de se adequar, restaurando ou compensando a área de vegetação faltante. No caso da RL, cabe ao proprietário optar por realizar um projeto de restauração dentro de sua propriedade ou por uma das quatro opções de compensação (definidas pelo artigo 66 da lei 12.651: cota de reserva ambiental (CRA); arrendamento de área sobre regime de servidão ambiental ou RL; doação ao poder público de área

localizada no interior de Unidade de Conservação; cadastramento de outra área equivalente e excedente à RL, em imóvel de mesma titularidade ou adquirida em imóvel de terceiro), desde que no mesmo bioma. Adicionalmente, a lei condiciona a disponibilidade de crédito rural e a anistia de desmatamentos ilegais anteriores a 2008 ao cadastro dos imóveis rurais no Sistema Nacional de Cadastro Ambiental Rural (**SICAR**), que é de acesso público. O SICAR disponibiliza uma quantidade ímpar de informações espacialmente explícitas, e é extremamente relevante para políticas públicas a serem implantadas no Brasil, bem como serve de modelo para outros países.

Iniciativas como a da lei brasileira são de extrema importância, porém, projetos de restauração têm custos elevados (DE GROOT *et al.*, 2013a) e requerem décadas para mostrarem resultados (CROUZEILLES *et al.*, 2016). Logo, é fundamental conhecer os custos e benefícios envolvidos (@ DE GROOT *et al.*, 2013b; METZGER *et al.*, 2017; SABOGAL, 2015). No caso da agricultura, cenários analisando a relação de custo-benefício podem favorecer ações de restauração caso os custos sejam diluídos com ganhos em produtividade em médio e longo prazo. No entanto, atualmente, a grande maioria das publicações com restauração não considera esta questão adequadamente (ACOSTA *et al.*, 2018; ARONSON; BLIGNAUT *et al.*, 2010; DE GROOT *et al.*, 2013b; NEWTON *et al.*, 2012). Poucos estudos de fato incorporam os benefícios nas análises de custos, ou exploram situações em que esses benefícios poderiam compensar os custos, como fizeram BRADBURY *et al.*, (2021). Compreender os fatores atuantes nesse balanço de custos/benefícios é fundamental para informar produtores rurais e dar suporte a políticas agrárias e ambientais.

Além da restauração, formas alternativas de manejo agrícola também podem ser adotadas para uma produção mais sustentável ([e.g. manejo integrado de pragas e nutrientes; Garibaldi, Gemmill-Herren *et al.* (2017)]. Neste contexto, as certificações agrícolas são uma forma complementar de ação não-governamental capaz de reduzir a pressão da produção agrícola sobre a biodiversidade (LENZEN *et al.*, 2012; MILDER *et al.*, 2015; POTTS *et al.*, 2014). Em troca de seguir um conjunto de boas práticas, definidos por um conjunto de critérios econômicos, sociais e ambientais, fazendas que adotam a certificação recebem um selo certificando sua adesão (LAMBIN; THORLAKSON, 2018). Com isso, os produtores têm acesso



a um mercado de consumidores mais exigentes, dispostos a pagar um preço maior por produtos certificados (FERRARO; UCHIDA; CONRAD, 2005; MILDNER *et al.*, 2015; MOLENAAR; KESSLER, 2017). Frequentemente, isso se traduz em ganhos socioeconômicos e ambientais para os produtores (MEEMKEN *et al.*, 2021; OYA; SCHAEFER; SKALIDOU, 2018).

Porém, mesmo que a adoção da certificação venha crescendo globalmente, evidências que a certificação tenha de fato impactos ambientais positivos são menos claras do que aquelas sobre impactos socioeconômicos (POTTS *et al.*, 2014; MILDNER *et al.*, 2015; TSCHARNTKE; MILDNER *et al.*, 2015; BLACKMAN; RIVERA, 2011; MEEMKEN *et al.*, 2021). Ainda que evidências já tenham sido publicadas (e.g. Haggard *et al.* (2015); Hardt *et al.* (2015)) elas não são conclusivas, pois, em alguns casos, as diferenças observadas podem ser atribuídas a condições pré-existentes (MEEMKEN *et al.*, 2021). De fato, a principal limitação dos estudos é a dificuldade em dissociar os efeitos da certificação de mudanças que já aconteceriam de forma independente (PINTO; GONÇALVES, 2017; TSCHARNTKE; MILDNER *et al.*, 2015; MEEMKEN *et al.*, 2021). Por exemplo, fazendas certificadas podem já ter práticas mais sustentáveis antes de serem certificadas, portanto, potenciais diferenças com fazendas não-certificadas seriam erroneamente atribuídas à certificação. Para que iniciativas como a certificação se consolidem e potencializem os seus benefícios para a conservação e a produção agrícola, é fundamental expandir o número de estudos que apresentem amostragens e análises robustas, que permitam assim obter evidências sólidas sobre os efeitos destas iniciativas (MILDNER *et al.*, 2015)

Diante das questões apresentadas, esse trabalho visa contribuir no entendimento de caminhos para uma intensificação ecológica em paisagens agrícolas, seja através de um planejamento adequado das ações de conservação e restauração dentro de propriedades privadas, ou então pela avaliação rigorosa da efetividade de ações de certificação para a conservação. Mais especificamente, buscamos cumprir três objetivos principais, organizados em três capítulos em que nos propomos responder às seguintes perguntas:

***Quais são os principais fatores determinantes da quantidade e localização de RL alocadas em propriedades rurais?***

Para responder a essa pergunta no primeiro capítulo da tese, utilizamos

o banco de dados do SICAR de uma das regiões mais tradicionais de produção cafeeira no Brasil e analisar, através de modelos hierárquicos, os determinantes da quantidade e localização de RL. Encontramos que as decisões de alocação de Reserva Legal são tomadas de modo a maximizar os ganhos com a propriedade e reduzir custos com restauração.

***Existem condições em que os custos com restauração em propriedades rurais podem ser compensados por aumentos na produtividade agrícola e com a geração de créditos de carbono?***

No segundo capítulo, desenvolvemos cenários de restauração para propriedades rurais na mesma região cafeeira e calculamos uma estimativa detalhada do balanço financeiro destes cenários. Consideramos os custos, mas também os potenciais benefícios para a produtividade agrícola, derivados do aumento da provisão de serviços ecossistêmicos. Nossos resultados sugerem que os custos podem ser compensados pelo aumento de produtividade quando as propriedades já têm 10% de vegetação nativa e a área final de vegetação se limita a 25% do total da propriedade. Além disso, verificamos que os valores atuais praticados no mercado de carbono não são suficientes para compensar os custos líquidos para metas de restauração mais ambiciosas.

***A certificação agrícola tem efeitos quantificáveis para a conservação?***

No terceiro capítulo, utilizamos o banco de dados de uma das principais certificadoras do Brasil (Rainforest Alliance) e cruzamos essas informações com os dados do SICAR para elaborar uma análise robusta dos impactos da certificação para a conservação e cumprimento da legislação ambiental. Por meio do pareamento das propriedades certificadas com propriedades controle, fizemos uma análise temporal das tendências de desmatamento, regeneração e cumprimento da legislação ambiental das propriedades antes e depois da certificação. Para isso, utilizamos uma técnica estatística de regressão em painel calculando a diferença das diferenças entre propriedades tratamento e controle. Não encontramos um efeito direto da certificação sobre o desmatamento e a regeneração de vegetação nativa, nem para a alocação de Reserva Legal dentro das propriedades. Entretanto, propriedades certificadas estão recuperando mais suas áreas de APP, o que demonstra uma sinergia entre ferramentas não governamentais e o cumprimento da

lei.

## 2 CONCLUSÃO

A erosão da biodiversidade, base de boa parte dos processos e funções ecológicas que sustentam a vida de seres humanos e outros seres vivos, representa uma crise sem precedentes em nossa curta história no planeta. Na origem desse fenômeno estão as atividades humanas, que culminaram na transformação de grande parte da superfície terrestre livre de gelo em áreas agrícolas e na emissão de enormes quantidades de carbono na atmosfera, acelerando enormemente o processo de aquecimento global. Os dois fenômenos, a extinção de espécies e o aquecimento global, se retroalimentam e exigem mudanças amplas nas sociedades humanas para garantir um futuro habitável para as futuras gerações.

Sem dúvidas, a agricultura convencional em escala industrial, focada largamente na produção de “*commodities*”, é um dos grandes motores da rápida degradação ambiental que testemunhamos. Este é um setor que deverá ser profundamente transformado. Porém, executar essas mudanças é um grande desafio e passará necessariamente por ferramentas de governança de cunho público e privado, que sejam capazes de conciliar os interesses econômicos dos setores produtivos envolvidos, a capacidade de prover alimentos e a manutenção e recuperação da biodiversidade em paisagens agrícolas. O Brasil, em particular, é reconhecido como um dos grandes celeiros do mundo e dedica uma área considerável do território à produção de “*commodities*”. É também um dos países mais biodiversos. Além disso, o Brasil possui uma legislação ambiental bastante complexa (porém com uma baixa capacidade do Estado em executá-la), bem como muitas iniciativas de produção agrícola mais sustentável, como é o caso das certificações agrícolas. Dessa forma, o Brasil oferece uma oportunidade única de testar e aprimorar uma série de políticas direcionadas a uma produção mais sustentável, que pode servir de modelo para outras regiões.

Em cada um dos capítulos dessa tese, abordamos importantes questões permeando ferramentas de governança relacionadas ao uso da terra e à conservação da biodiversidade em paisagens agrícolas. Nossos resultados contribuem para uma melhor compreensão da adesão e impactos da legislação ambiental no Brasil e dos efeitos da certificação agrícola como uma ação complementar não-governamental às políticas ambientais

Os resultados do capítulo 1 sugerem que as decisões de proprietários rurais com relação à alocação de áreas para conservação ou restauração de vegetação nativa dentro de propriedades rurais na Mata Atlântica – como requer a legislação vigente – são tomadas de modo a maximizar a renda da propriedade e reduzir os custos com restauração. Desse modo, sem ações específicas de incentivo para a adoção dessas áreas de “reserva”, a distribuição de vegetação nativa em áreas privadas será similar a de áreas protegidas públicas (e.g. unidades de conservação), esmagadoramente concentradas em áreas marginais para a agricultura. Esses locais não necessariamente são os mais importantes do ponto de vista da conservação e da provisão de serviços ecossistêmicos, o que acaba por reduzir a adicionalidade da lei de proteção da vegetação nativa em relação ao sistema nacional de unidades de conservação. Com ferramentas adequadas, como pagamento por serviços ambientais ou auxílio técnico, o cumprimento da lei de proteção da vegetação nativa pode fomentar sinergias entre a produção agrícola e a conservação. Porém, é preciso engajar a sociedade de maneira ampla, envolvendo agricultores, indústria e o terceiro setor.

Justamente para aumentar o entendimento sobre os reais custos implicados na restauração de áreas agrícolas e melhor informar os tomadores de decisão e fazendeiros, no capítulo 2, analisamos o balanço financeiro da restauração em propriedades rurais. Para isso, usamos a produção de café como modelo. Estimamos que para uma região tradicional de produção na Mata Atlântica, a restauração de florestas dentro das propriedades não resulta necessariamente em perdas financeiras. Dependendo da quantidade inicial de floresta na propriedade e da quantidade a ser restaurada, pode haver equilíbrio ou até ganho financeiro, por meio do aumento da provisão de serviços ecossistêmicos que elevam a produtividade agrícola. Além disso, o carbono sequestrado pode ser comercializado em mercados de crédito de carbono. No entanto, os preços praticados teriam que ser mais altos que os atuais, para que sejam competitivos com outros usos da terra. Sugerimos, portanto, que é sim possível financeiramente aliar a manutenção ou aumento da produção agrícola com maior proteção da biodiversidade e sequestro de carbono da atmosfera, mitigando os efeitos das mudanças climáticas. Entretanto, também nesse caso são necessárias políticas complementares, como a regulamentação de um mercado de carbono e o financiamento das ações de restauração, de modo a torná-las mais atrativas para os proprietários de terras.

De fato, a atratividade de práticas de manejo sustentáveis é uma questão chave para que mudanças reais aconteçam. A adoção voluntária de boas práticas agrícolas vem crescendo globalmente e visa atender a esse anseio. A certificação agrícola oferece justamente a perspectiva de uma melhor remuneração dos produtores, em troca de uma série de regras visando melhorias socioeconômicas e ambientais. Aliada à regulamentação provida pela legislação ambiental, ela pode ser mais um instrumento que potencializa mudanças no campo. Assim, no capítulo 3, nos debruçamos sobre a efetividade da certificação do café em promover ganhos para a conservação. Nos focamos em métricas objetivas, como o desmatamento, a regeneração de vegetação nativa e o cumprimento da legislação ambiental em propriedades certificadas, quando comparadas com propriedades não-certificadas. Encontramos que a certificação de café em uma região de agricultura consolidada não teve um efeito detectável em reduzir o desmatamento ou em aumentar a taxa de regeneração de vegetação nativa. Entretanto, vimos que a certificação pode servir realmente como um estímulo adicional para o cumprimento da legislação ambiental. Em particular, a recuperação de áreas ambientalmente sensíveis, como topos de morro e áreas ripárias, foi maior nas propriedades certificadas quando comparadas com propriedades não certificadas da mesma região. Esses resultados sugerem que o impacto da certificação para a conservação pode ainda ser expandido, seja pela sua ampla adoção em áreas de fronteiras agrícolas (onde a pressão para conversão de usos da terra é maior), seja explorando mais sinergias da certificação com o cumprimento da legislação ambiental.

Em conclusão, atingimos nossos objetivos iniciais, ao i) compreender melhor como o processo de alocação de vegetação nativa em propriedades rurais está sendo feito, ii) quantificar o balanço de custos e benefícios envolvidos, e iii) avaliar a efetividade de ferramentas voluntárias em fomentar o cumprimento da legislação ambiental. Restam ainda muitas questões em aberto, como a transposição dos resultados encontrados para um contexto de aplicação prática. No entanto, esperamos que as discussões trazidas pelo trabalho auxiliem a desmobilizar argumentos simplistas que insistem em uma dicotomia entre a economia e o meio ambiente. Longe de apontar soluções simples, buscamos compreender as potencialidades e limitações de instrumentos já existentes, além de sinalizar caminhos possíveis para aprimoramento. Os resultados desta tese são importantes não apenas para balizar políticas públicas no Brasil, com enfoque na área ambiental, mas são tam-

bém relevantes em um contexto muito mais amplo, em que existe um esforço global por ações efetivas que lidem com a perda de biodiversidade e os impactos das mudanças climáticas.

## REFERÊNCIAS

(PROGRAM), Millennium Ecosystem Assessment (Ed.). **Ecosystems and human well-being: synthesis**. Washington, DC: Island Press, 2005. OCLC: ocm59279709. ISBN 978-1-59726-040-4 978-1-59726-039-8.

ACOSTA, Andre L. *et al.* Gaps and limitations in the use of restoration scenarios: a review. en. **Restoration Ecology**, v. 26, n. 6, p. 1108–1119, 2018. ISSN 1526-100X. DOI: 10.1111/rec.12882. Disponível em: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.1111/rec.12882>. Acesso em: 23 mai. 2019.

ARISTIZÁBAL, Natalia; METZGER, Jean Paul. Landscape structure regulates pest control provided by ants in sun coffee farms. en. **Journal of Applied Ecology**, v. 56, n. 1, p. 21–30, 2019. ISSN 1365-2664. DOI: 10.1111/1365-2664.13283. Disponível em: <https://besjournals.onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.1111/1365-2664.13283>. Acesso em: 23 mai. 2019.

ARONSON, James; ALEXANDER, Sasha. Ecosystem Restoration is Now a Global Priority: Time to Roll up our Sleeves. en. **Restoration Ecology**, v. 21, n. 3, p. 293–296, 2013. \_eprint: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/pdf/10.1111/rec.12011>. ISSN 1526-100X. DOI: 10.1111/rec.12011. Disponível em: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.1111/rec.12011>. Acesso em: 7 fev. 2022.

ARONSON, James; BLIGNAUT, James N. *et al.* Are Socioeconomic Benefits of Restoration Adequately Quantified? A Meta-analysis of Recent Papers (2000-2008) in *Restoration Ecology* and 12 Other Scientific Journals. en. **Restoration Ecology**, v. 18, n. 2, p. 143–154, mar. 2010. ISSN 10612971, 1526100X. DOI: 10.1111/j.1526-100X.2009.00638.x. Disponível em: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1111/j.1526-100X.2009.00638.x>. Acesso em: 7 fev. 2022.



BLACKMAN, Allen; RIVERA, Jorge. Producer-Level Benefits of Sustainability Certification. **Conservation Biology**, v. 25, n. 6, p. 1176–1185, 2011. Publisher: [Wiley, Society for Conservation Biology]. ISSN 0888-8892. Disponível em: <https://www.jstor.org/stable/41315415>. Acesso em: 22 dez. 2021.

BOESING, Andrea L.; NICHOLS, Elizabeth; METZGER, Jean P. Effects of landscape structure on avian-mediated insect pest control services: a review. en. **Landscape Ecology**, v. 32, n. 5, p. 931–944, mai. 2017. ISSN 0921-2973, 1572-9761. DOI: 10.1007/s10980-017-0503-1. Disponível em: <https://link.springer.com/article/10.1007/s10980-017-0503-1>. Acesso em: 22 dez. 2017.

BOMMARCO, Riccardo; KLEIJN, David; POTTS, Simon G. Ecological intensification: harnessing ecosystem services for food security. **Trends in Ecology & Evolution**, v. 28, n. 4, p. 230–238, abr. 2013. ISSN 0169-5347. DOI: 10.1016/j.tree.2012.10.012. Disponível em: <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S016953471200273X>. Acesso em: 12 dez. 2017.

BRADBURY, Richard B. *et al.* The economic consequences of conserving or restoring sites for nature. en. **Nature Sustainability**, p. 1–7, mar. 2021. Publisher: Nature Publishing Group. ISSN 2398-9629. DOI: 10.1038/s41893-021-00692-9. Disponível em: <https://www.nature.com/articles/s41893-021-00692-9>. Acesso em: 9 mar. 2021.

BULLOCK, James M.; PYWELL, Richard F.; WALKER, Kevin J. Long-term enhancement of agricultural production by restoration of biodiversity. en. **Journal of Applied Ecology**, v. 44, n. 1, p. 6–12, fev. 2007. ISSN 1365-2664. DOI: 10.1111/j.1365-2664.2006.01252.x. Disponível em: <http://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1111/j.1365-2664.2006.01252.x/abstract>.

CARDINALE, Bradley J. *et al.* Biodiversity loss and its impact on humanity. en. **Nature**, v. 486, n. 7401, p. 59–67, jun. 2012. ISSN 1476-4687. DOI:

10.1038/nature11148. Disponível em:

<https://www.nature.com/articles/nature11148>. Acesso em: 11 set. 2019.

CHAZDON, Robin L. *et al.* A Policy-Driven Knowledge Agenda for Global Forest and Landscape Restoration. en. **Conservation Letters**, v. 10, n. 1, p. 125–132, 2017. \_eprint: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/pdf/10.1111/conl.12220>. ISSN 1755-263X. DOI: 10.1111/conl.12220. Disponível em:

<https://onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.1111/conl.12220>. Acesso em: 7 fev. 2022.

CORTÉS CAPANO, Gonzalo *et al.* The emergence of private land conservation in scientific literature: A review. **Biological Conservation**, v. 237, p. 191–199, set. 2019. ISSN 0006-3207. DOI: 10.1016/j.biocon.2019.07.010. Disponível em: <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0006320718310723>. Acesso em: 10 set. 2019.

CROUZEILLES, Renato *et al.* A global meta-analysis on the ecological drivers of forest restoration success. eng. **Nature Communications**, v. 7, p. 11666, mai. 2016. ISSN 2041-1723. DOI: 10.1038/ncomms11666.

DAINESE, Matteo *et al.* A global synthesis reveals biodiversity-mediated benefits for crop production. en. **Science Advances**, v. 5, n. 10, eaax0121, out. 2019. ISSN 2375-2548. DOI: 10.1126/sciadv.aax0121. Disponível em: <https://advances.sciencemag.org/content/5/10/eaax0121>. Acesso em: 17 out. 2019.

DE GROOT, Rudolf S. *et al.* Benefits of investing in ecosystem restoration. eng. **Conservation Biology: The Journal of the Society for Conservation Biology**, v. 27, n. 6, p. 1286–1293, dez. 2013. ISSN 1523-1739. DOI: 10.1111/cobi.12158.

DE GROOT, Rudolf S. *et al.* Benefits of investing in ecosystem restoration. eng. **Conservation Biology: The Journal of the Society for Conservation Biology**, v. 27, n. 6, p. 1286–1293, dez. 2013. ISSN 1523-1739. DOI: 10.1111/cobi.12158.

DÍAZ, Sandra *et al.* Summary for policymakers of the global assessment report on biodiversity and ecosystem services of the Intergovernmental Science-Policy Platform on Biodiversity and Ecosystem Services. en, p. 44, 2019.

DRESCHER, Michael; BRENNER, Jacob C. The practice and promise of private land conservation. en. **Ecology and Society**, v. 23, n. 2, art3, 2018. ISSN 1708-3087. DOI: 10.5751/ES-10020-230203. Disponível em: <https://www.ecologyandsociety.org/vol23/iss2/art3/>. Acesso em: 10 set. 2019.

FERRARO, Paul; UCHIDA, Toshihiro; CONRAD, Jon. Price Premiums for Eco-friendly Commodities: Are 'Green' Markets the Best Way to Protect Endangered Ecosystems? **Environmental & Resource Economics**, v. 32, p. 419–438, nov. 2005. DOI: 10.1007/s10640-005-7962-6.

FODEN, Wendy B. *et al.* Identifying the World's Most Climate Change Vulnerable Species: A Systematic Trait-Based Assessment of all Birds, Amphibians and Corals. en. **PLOS ONE**, v. 8, n. 6, e65427, jun. 2013. Publisher: Public Library of Science. ISSN 1932-6203. DOI: 10.1371/journal.pone.0065427. Disponível em: <https://journals.plos.org/plosone/article?id=10.1371/journal.pone.0065427>. Acesso em: 23 fev. 2021.

FOLEY, J. A. Global Consequences of Land Use. en. **Science**, v. 309, n. 5734, p. 570–574, jul. 2005. ISSN 0036-8075, 1095-9203. DOI: 10.1126/science.1111772. Disponível em: <http://www.sciencemag.org/cgi/doi/10.1126/science.1111772>. Acesso em: 15 mar. 2018.

GARIBALDI, Lucas A.; GEMMILL-HERREN, Barbara *et al.* Farming Approaches for Greater Biodiversity, Livelihoods, and Food Security. eng. **Trends in Ecology & Evolution**, v. 32, n. 1, p. 68–80, jan. 2017. ISSN 1872-8383. DOI: 10.1016/j.tree.2016.10.001.

GARIBALDI, Lucas A.; PÉREZ-MÉNDEZ, Néstor *et al.* Policies for Ecological Intensification of Crop Production. en. **Trends in Ecology & Evolution**, fev. 2019. ISSN 01695347. DOI: 10.1016/j.tree.2019.01.003. Disponível em: <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0169534719300187>. Acesso em: 11 fev. 2019.

GARIBALDI, Lucas A.; STEFFAN-DEWENTER, Ingolf *et al.* Stability of pollination services decreases with isolation from natural areas despite honey bee visits. en. **Ecology Letters**, v. 14, n. 10, p. 1062–1072, out. 2011. ISSN 1461-0248. DOI: 10.1111/j.1461-0248.2011.01669.x. Disponível em: <http://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1111/j.1461-0248.2011.01669.x/abstract>.

GEIGER, Flavia *et al.* Persistent negative effects of pesticides on biodiversity and biological control potential on European farmland. en. **Basic and Applied Ecology**, v. 11, n. 2, p. 97–105, mar. 2010. ISSN 14391791. DOI: 10.1016/j.baae.2009.12.001. Disponível em: <http://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S1439179109001388>. Acesso em: 22 dez. 2017.

GODFRAY, H. Charles J. *et al.* Food Security: The Challenge of Feeding 9 Billion People. en. **Science**, v. 327, n. 5967, p. 812–818, fev. 2010. ISSN 0036-8075, 1095-9203. DOI: 10.1126/science.1185383. Disponível em: <http://science.sciencemag.org/content/327/5967/812>. Acesso em: 12 dez. 2017.

GONZÁLEZ-CHAVES, Adrian *et al.* Forest proximity rather than local forest cover affects bee diversity and coffee pollination services. en. **Landscape Ecology**, jun. 2020. ISSN 1572-9761. DOI: 10.1007/s10980-020-01061-1. Disponível em: <https://doi.org/10.1007/s10980-020-01061-1>. Acesso em: 17 jul. 2020.

HAGGAR, Jeremy *et al.* Tree diversity on sustainably certified and conventional coffee farms in Central America. en. **Biodiversity and Conservation**, v. 24, n. 5, p. 1175–1194, mai. 2015. ISSN 1572-9710. DOI: 10.1007/s10531-014-0851-y.

Disponível em: <https://doi.org/10.1007/s10531-014-0851-y>. Acesso em: 22 dez. 2021.

HARDT, Elisa *et al.* Does certification improve biodiversity conservation in Brazilian coffee farms? **Forest Ecology and Management**, v. 357, Supplement C, p. 181–194, dez. 2015. ISSN 0378-1127. DOI: 10.1016/j.foreco.2015.08.021.

Disponível em:

<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0378112715004466>.

Acesso em: 7 dez. 2017.

LAMBIN, Eric F.; THORLAKSON, Tannis. Sustainability Standards: Interactions Between Private Actors, Civil Society, and Governments. **Annual Review of Environment and Resources**, v. 43, n. 1, p. 369–393, 2018. \_eprint:

<https://doi.org/10.1146/annurev-environ-102017-025931>. DOI:

10.1146/annurev-environ-102017-025931. Disponível em:

<https://doi.org/10.1146/annurev-environ-102017-025931>. Acesso em: 21 dez. 2021.

LAUTENBACH, Sven *et al.* Spatial and Temporal Trends of Global Pollination Benefit. en. **PLoS ONE**, v. 7, n. 4, p. 16, 2012.

LECLÈRE, David *et al.* Bending the curve of terrestrial biodiversity needs an integrated strategy. en. **Nature**, v. 585, n. 7826, p. 551–556, set. 2020. Number: 7826 Publisher: Nature Publishing Group. ISSN 1476-4687. DOI:

10.1038/s41586-020-2705-y. Disponível em:

<https://www.nature.com/articles/s41586-020-2705-y>. Acesso em: 15 dez. 2020.

LENZEN, M. *et al.* International trade drives biodiversity threats in developing nations. en. **Nature**, v. 486, n. 7401, p. 109–112, jun. 2012. ISSN 1476-4687. DOI: 10.1038/nature11145. Disponível em:

<https://www.nature.com/articles/nature11145>. Acesso em: 17 abr. 2018.

MEEMKEN, Eva-Marie *et al.* Sustainability standards in global agrifood supply chains. en. **Nature Food**, v. 2, n. 10, p. 758–765, out. 2021. Bandiera\_abtest: a

Cg\_type: Nature Research Journals Number: 10 Primary\_atype: Reviews  
Publisher: Nature Publishing Group Subject\_term: Agriculture;Developing world  
Subject\_term\_id: agriculture;developing-world. ISSN 2662-1355. DOI:  
10.1038/s43016-021-00360-3. Disponível em:  
<https://www.nature.com/articles/s43016-021-00360-3>. Acesso em: 21 dez.  
2021.

METZGER, Jean Paul *et al.* Best practice for the use of scenarios for restoration planning. en. **Current Opinion in Environmental Sustainability**, v. 29, p. 14–25, dez. 2017. ISSN 1877-3435. DOI: 10.1016/j.cosust.2017.10.004. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S187734351730146X>. Acesso em: 30 nov. 2021.

MILDER, Jeffrey C. *et al.* An agenda for assessing and improving conservation impacts of sustainability standards in tropical agriculture. en. **Conservation Biology**, v. 29, n. 2, p. 309–320, abr. 2015. ISSN 1523-1739. DOI: 10.1111/cobi.12411. Disponível em: <http://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1111/cobi.12411/abstract>.

MOLENAAR, J.W.; KESSLER, J.J. **Aidenvironment report: Business benefits of using sustainability standards: A meta-review (2017)**. en. [S.l.: s.n.], mar. 2017. Disponível em: <http://www.standardsimpacts.org/resources-reports/aidenvironment-report-business-benefits-using-sustainability-standards-meta-review>. Acesso em: 17 abr. 2018.

MOREAUX, Céline *et al.* The value of biotic pollination and dense forest for fruit set of Arabica coffee: A global assessment. en. **Agriculture, Ecosystems & Environment**, v. 323, p. 107680, jan. 2022. ISSN 0167-8809. DOI: 10.1016/j.agee.2021.107680. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0167880921003844>. Acesso em: 13 out. 2021.

NARANJO, Steven E.; ELLSWORTH, Peter C.; FRISVOLD, George B. Economic Value of Biological Control in Integrated Pest Management of Managed Plant

Systems. **Annual Review of Entomology**, v. 60, n. 1, p. 621–645, 2015. DOI: 10.1146/annurev-ento-010814-021005. Disponível em: <https://doi.org/10.1146/annurev-ento-010814-021005>. Acesso em: 16 out. 2019.

NEWTON, Adrian C. *et al.* Cost–benefit analysis of ecological networks assessed through spatial analysis of ecosystem services. en. **Journal of Applied Ecology**, v. 49, n. 3, p. 571–580, 2012. ISSN 1365-2664. DOI: 10.1111/j.1365-2664.2012.02140.x. Disponível em: <https://besjournals.onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.1111/j.1365-2664.2012.02140.x>. Acesso em: 23 mai. 2019.

OYA, Carlos; SCHAEFER, Florian; SKALIDOU, Dafni. The effectiveness of agricultural certification in developing countries: A systematic review. **World Development**, v. 112, p. 282–312, dez. 2018. ISSN 0305-750X. DOI: 10.1016/j.worlddev.2018.08.001. Disponível em: <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0305750X18303012>. Acesso em: 27 ago. 2018.

PACHAURI, Rajendra K.; IPCC (Ed.). **Climate change 2007: contribution of ... to the fourth assessment report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. 4: Synthesis report: [a report of the Intergovernmental Panel on Climate Change]**. Geneva: IPCC, 2008. OCLC: 934551357. ISBN 978-92-9169-122-7.

PILLING, Dafydd; BÉLANGER, Julie; HOFFMANN, Irene. Declining biodiversity for food and agriculture needs urgent global action. en. **Nature Food**, v. 1, n. 3, p. 144–147, mar. 2020. Number: 3 Publisher: Nature Publishing Group. ISSN 2662-1355. DOI: 10.1038/s43016-020-0040-y. Disponível em: <https://www.nature.com/articles/s43016-020-0040-y>. Acesso em: 21 fev. 2022.

PIMENTEL, David *et al.* Economic and environmental benefits of biodiversity. **BioScience**, v. 47, n. 11, p. 747–757, 1997.

PINTO, Luis Fernando Guedes; GONÇALVES, Eduardo Trevisan. Aprendizados da certificação socioambiental para a agricultura. **Perspectiva Imaflora**, n. 4, 2017. Disponível em: <http://www.imaflora.org/download-form.php?id=647>. Acesso em: 17 abr. 2018.

POORTER, Lourens *et al.* Biomass resilience of Neotropical secondary forests. **Nature**, v. 530, n. 7589, p. 211–214, fev. 2016. ISSN 0028-0836, 1476-4687. DOI: 10.1038/nature16512. Disponível em: <http://www.nature.com/doi/10.1038/nature16512>. Acesso em: 26 jul. 2017.

POTTS, Jason *et al.* **The state of sustainability initiatives review 2014: standards and the green economy**. [S.l.: s.n.], 2014. OCLC: 882496767. Disponível em: <http://www.deslibris.ca/ID/242257>. Acesso em: 23 dez. 2017.

REY BENAYAS, José M.; BULLOCK, James M. Restoration of Biodiversity and Ecosystem Services on Agricultural Land. en. **Ecosystems**, v. 15, n. 6, p. 883–899, set. 2012. ISSN 1432-9840, 1435-0629. DOI: 10.1007/s10021-012-9552-0.

SABOGAL. **Forest and landscape restoration: concepts, approaches and challenges for implementation**. [S.l.: s.n.], 2015. Disponível em: <http://www.fao.org/3/a-i5212e.pdf>. Acesso em: 20 abr. 2018.

SHIMAMOTO, Carolina Y. *et al.* Restoration of ecosystem services in tropical forests: A global meta-analysis. en. **PLOS ONE**, v. 13, n. 12, e0208523, dez. 2018. Publisher: Public Library of Science. ISSN 1932-6203. DOI: 10.1371/journal.pone.0208523. Disponível em: <https://journals.plos.org/plosone/article?id=10.1371/journal.pone.0208523>. Acesso em: 22 abr. 2021.

SOARES-FILHO, Britaldo *et al.* Cracking Brazil's forest code. **Science**, v. 344, n. 6182, p. 363–364, 2014.

TAMBURINI, Giovanni *et al.* Agricultural diversification promotes multiple ecosystem services without compromising yield. en. **Science Advances**, v. 6,



n. 45, eaba1715, nov. 2020. ISSN 2375-2548. DOI: 10.1126/sciadv.aba1715.

Disponível em:

<https://advances.sciencemag.org/lookup/doi/10.1126/sciadv.aba1715>.

Acesso em: 18 nov. 2020.

TILMAN, D. Forecasting Agriculturally Driven Global Environmental Change.

**Science**, v. 292, n. 5515, p. 281–284, abr. 2001. ISSN 00368075, 10959203. DOI: 10.1126/science.1057544. Disponível em:

<http://www.sciencemag.org/cgi/doi/10.1126/science.1057544>. Acesso em: 14 dez. 2017.

TILMAN, David. Global environmental impacts of agricultural expansion: The need for sustainable and efficient practices. en. **Proceedings of the National Academy of Sciences**, v. 96, n. 11, p. 5995–6000, mai. 1999. ISSN 0027-8424, 1091-6490. DOI: 10.1073/pnas.96.11.5995. Disponível em:

<http://www.pnas.org/content/96/11/5995>. Acesso em: 22 dez. 2017.

TILMAN, David *et al.* Future threats to biodiversity and pathways to their prevention. en. **Nature**, v. 546, n. 7656, p. 73–81, jun. 2017. ISSN 1476-4687. DOI: 10.1038/nature22900. Disponível em:

<https://www.nature.com/articles/nature22900>. Acesso em: 11 mar. 2019.

TSCHARNTKE, Teja; KLEIN, Alexandra M. *et al.* Landscape perspectives on agricultural intensification and biodiversity – ecosystem service management. en.

**Ecology Letters**, v. 8, n. 8, p. 857–874, ago. 2005. ISSN 1461-0248. DOI: 10.1111/j.1461-0248.2005.00782.x. Disponível em:

<http://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1111/j.1461-0248.2005.00782.x/abstract>.

TSCHARNTKE, Teja; MILDNER, Jeffrey C. *et al.* Conserving Biodiversity Through Certification of Tropical Agroforestry Crops at Local and Landscape Scales. en.

**Conservation Letters**, v. 8, n. 1, p. 14–23, jan. 2015. ISSN 1755-263X. DOI: 10.1111/conl.12110. Disponível em:

<http://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1111/conl.12110/abstract>. Acesso em: 17 jan. 2018.

VENTER, Oscar *et al.* Bias in protected-area location and its effects on long-term aspirations of biodiversity conventions. en. **Conservation Biology**, v. 32, n. 1, p. 127–134, 2018. ISSN 1523-1739. DOI: 10.1111/cobi.12970. Disponível em: <https://conbio.onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.1111/cobi.12970>. Acesso em: 10 set. 2019.

WADE, Mark R; GURR, Geoff M; WRATTEN, Steve D. Ecological restoration of farmland: progress and prospects. **Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences**, v. 363, n. 1492, p. 831–847, fev. 2008. ISSN 0962-8436. DOI: 10.1098/rstb.2007.2186. Disponível em: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC2610112/>.

WATSON, James E. M. *et al.* The performance and potential of protected areas. en. **Nature**, v. 515, n. 7525, p. 67–73, nov. 2014. ISSN 1476-4687. DOI: 10.1038/nature13947. Disponível em: <https://www.nature.com/articles/nature13947>. Acesso em: 10 set. 2019.